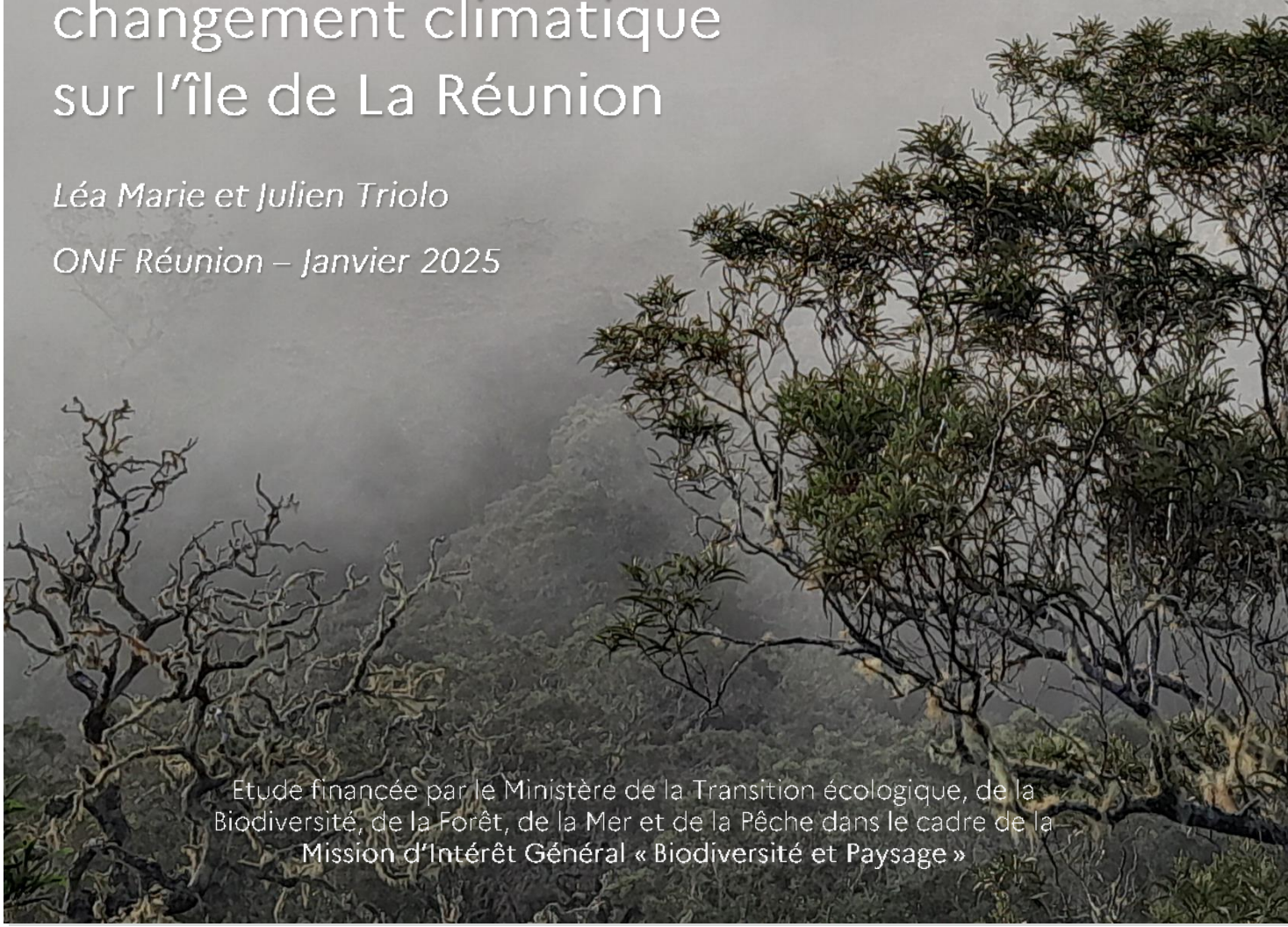
RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

Office National des Forêts

Arbres indigènes les plus vulnérables au changement climatique sur l'île de La Réunion

Léa Marie et Julien Triolo

ONF Réunion – Janvier 2025



Etude financée par le Ministère de la Transition écologique, de la Biodiversité, de la Forêt, de la Mer et de la Pêche dans le cadre de la Mission d'Intérêt Général « Biodiversité et Paysage »

Crédits photos :

Julien Triolo (ONF Réunion) sauf page de couverture : Léa Marie (ONF Réunion)

Sommaire

I. Introduction 4
II. Matériel et méthode 6
a. Contexte : le changement climatique à l'île de La Réunion 6
i. Le climat historique de l'île de La Réunion 6
ii. Le changement climatique en cours à l'île de La Réunion 7
iii. Le futur climat de l'île de la Réunion : les différents scénarios 8
b. Objet d'étude : Les arbres indigènes et endémiques de La Réunion 9
c. Caractérisation des groupes écologiques d'espèces d'arbres de La Réunion 10
d. Modélisation des aires climatiques favorables des groupes écologiques 11
i. Le principe 11
ii. Les données d'occurrences 12
iii. Les données climatiques 12
iv. Modélisation des aires climatiques actuelles des groupes écologiques 12
v. Prédictions des futures aires climatiques favorables des groupes écologiques 14
III. Résultats 15
a. La liste des arbres indigènes de La Réunion 15
b. Les groupes écologiques d'arbres de La Réunion 16
i. Caractérisation des groupes écologiques 16
ii. La répartition des groupes écologiques d'arbres au sein de la végétation de La Réunion 20
iii. L'effet de Foehn sur l'étagement de la végétation 20
c. L'impact du changement climatique sur les groupes écologiques d'arbres de La Réunion 23
i. La modification de l'aire climatique favorable des groupes écologiques 23
ii. La modification de la composition de la végétation à La Réunion 29
IV. Discussion 30
a. Quels sont les arbres indigènes à La Réunion les plus vulnérables au changement climatique ? 30
b. Quelles stratégies d'adaptation possibles à adopter en commun ? 38
V. Remerciements 42
VI. Bibliographie 42
Annexe 1 : Liste des arbres de la Réunion 46
Annexe 2 : Caractérisation des groupes écologiques de la Réunion 48
Annexe 3 : Répartitions actuelles et futures des aires climatiques favorables pour les 10 groupes écologiques modélisés 49

Depuis les années 1950, les activités humaines provoquent une élévation importante des températures et entrainent un véritable dérèglement climatique, constituant ainsi une nouvelle menace mondiale.

Les îles de petites tailles sont particulièrement vulnérables au changement climatique : elles ont des capacités très restreintes pour s'adapter à de nouvelles conditions climatiques.

Isolée dans le Sud-Ouest de l'océan Indien, l'île de La Réunion a déjà enregistré un réchauffement d'environ 1°C durant la période 1968-2023. Les projections climatiques prévoient, dans le scénario le plus pessimiste, une augmention de 3,5 °C sur l'île, et de 4,4°C en moyenne sur le reste du globe. Ce niveau moindre de réchauffement s'explique par l'océan et son rôle important de régulateur thermique pour l'île. Malgré cette protection naturelle, le réchauffement climatique est susceptible d'entrainer des bouversements profonds à La Réunion, qu'il est important d'anticiper grâce à des modélisations climatiques.

Gestionnaire des forêts publiques à La Réunion, qui couvrent près d'un tiers du territoire, l'Office National des Forêts a souhaité réaliser une étude sur l'impact que pourrait avoir le changement climatique sur les arbres indigènes et les forêts de l'île, joyau reconnu de biodiversité.

Cette étude a permis de recenser 112 espèces indigènes d'arbres, dont 49 sont endémiques strictes, faisant ainsi de La Réunion le DOM qui compte le plus grand nombre d'arbres endémiques rapporté à sa surface.

Grâce à un impressionant jeux de données sur ces espèces (+ de 60 000 observations issues du SINP), nous avons pu caractériser leurs exigences climatiques (températures et précipitations) et les avons regroupées en groupes écologiques cohérents. L'enveloppe climatique de ces groupes a ensuite pu être modélisée à l'horizon 2070, pour différents scénarios d'évolution du climat, ce que pourrait être leur évolution dans le futur.

Les modélisations effectuées prédisent d'importants changements, comme l'extension des zones climatiques favorables aux espèces de la zone sèche, avec un décalage en altitude en réponse à la hausse des températures. Par ailleurs, elles prévoient une réduction drastique des conditions favorables aux espèces inféodées aux forêts humides. Ces dernières sont donc les plus vulnérables au changement climatique.

Un classement des espèces d'arbres les plus menacées a été opéré à partir des données générées, en tenant en compte : 1. du statut d'endémicité, 2. de la taille de leur enveloppe climatique, 3. si cette dernière allait subir d'importants changements, 4. de la capacité de se disperser dans les nouvelles zones favorables climatiquement et enfin 5. si elles étaient déjà menacées et devenues rares par d'autres facteurs.

Pour un grand nombre d'espèces d'arbres endémiques, surtout celles ayant perdu la capacité de se disperser naturellement dans les zones qui leur seront favorables climatiquement, l'action de l'Homme sera déterminante pour assurer leur survie face au changement climatique et permettre le maintien de forêts résilientes et des services qu'elles rendent à la société (eau, érosion, écotourisme...).

L'étude conclut donc sur l'importance d'agir dès à présent en commun et ouvre des pistes de réflexion pour l'élaboration d'une stratégie collective d'adaptation des forêts au changement climatique à La Réunion.

I. Introduction

Les arbres occupent une place particulière dans les écosystèmes terrestres de La Réunion. Ils sont des éléments structurants de la majorité des milieux naturels de cette île constituée de nombreux types de forêts tropicales (Cadet, 1980). Supports de biodiversité, ils offrent des ressources essentielles pour de nombreuses espèces qui en dépendent. Ils rendent une diversité de services écosystémiques à la société et à la nature en assurant l'approvisionnement stable en eau douce, la protection contre les phénomènes d'érosion, le stockage du carbone et le fort attrait touristique de cette île reconnue à l'échelle mondiale par l'UNESCO pour son patrimoine naturel et ses paysages exceptionnels. Autant de raisons qui soulignent l'importance de leur préservation (Bar-On et al., 2018 ; ONF, 2020).

Le changement climatique représente une menace planétaire pour la biodiversité (GIEC, 2023), et particulièrement pour les organismes immobiles dotés d'un long pas de temps générationel comme les arbres (Pouteau & Birnbaum, 2016). Ses impacts se font déjà ressentir en milieu continental : par exemple, en France hexagonale, plus de 600 000 hectares de forêts publiques sont touchés par des dépérissements importants en lien direct avec le changement climatique (IGN, 2023). En comparaison, les milieux naturels de La Réunion restent pour l'instant relativement épargnés. Cet effet est notamment dû à l'océan (Leroux et al., 2022) qui protège d'une certaine manière cette île, en ayant un rôle important de régulateur et de stabilisateur du climat, en absorbant près de 90 % de l'excès de chaleur dans le système climatique de la Terre. Cependant, des premiers signes inquiétants de dépérissements commencent à être observés à La Réunion et rappellent que le changement climatique représente une bombe à retardement pour les écosystèmes insulaires, sensibles aux changements environnementaux rapides en raison de leur superficie réduite qui limite les possibilités de migration des espèces.

Le changement climatique impacterait d'autant plus la biodiversité lorsque celle-ci est déjà gravement menacée (Bellard et al., 2014). Reconnue à l'échelle mondiale comme un « hotspot » pour sa biodiversité remarquable et les menaces associées (Myers et al., 2000), l'île de La Réunion abrite des écosystèmes largement fragilisés par les activités humaines passées qui ont mené à la destruction de la majorité des habitats naturels en dessous de 1000 m d'altitude (Strasberg et al., 2005) et à l'extinction d'une grande partie de la faune indigène disséminatrice (Albert, 2020). À cela s'ajoutent aujourd'hui les impacts de phénomènes d'invasions biologiques exacerbés (Cadet, 1980 ; MacDonald, 2010). La synergie entre ces facteurs défavorables et le changement climatique pourraient accélérer l'érosion de la biodiversité à La Réunion.

Alors que l'impact du changement climatique sur la biodiversité est étudié partout dans le monde, le devenir des forêts réunionnaises reste à ce jour inconnu. Une des priorités affichées par les plans stratégiques d'adaptation au changement climatique consiste pourtant à renforcer la recherche sur cette thématique dans le but de déployer à court terme des outils d'aide à la décision, à l'instar de l'application « ClimEssence » développée en France hexagonale pour aider les gestionnaires à réaliser un bon choix d'essences dans un contexte de changement climatique.

Dans le cadre de la Mission d'Intérêt Général « Biodiversité et Paysage » confiée par l'Etat, l'Office National des Forêts (ONF) de La Réunion, organisme gestionnaire de la majorité des milieux naturels de l'île, ouvre de manière inédite une piste de réflexion sur l'impact du changement climatique sur les arbres indigènes et endémiques de La Réunion. L'étude avait les objectifs principaux suivants :

- Dresser une liste d'espèces d'arbres indigènes de La Réunion,
- Caractériser l'enveloppe écologique de ces espèces après les avoir classées dans des groupes écologiques cohérents en fonction de leurs exigences climatiques ;
- Identifier les espèces d'arbres les plus vulnérables au changement climatique sur la base de modélisations spatiales, et celles qui au contraire, pourraient en bénéficier ;
- Ouvrir des pistes de réflexions sur les stratégies d'adaptations possibles à adopter à La Réunion.

II. Matériel et méthode

a. Contexte : le changement climatique à l'île de La Réunion

i. Le climat historique de l'île de La Réunion

L'île de La Réunion a surgi du fond de l'océan Indien il y a environ 3 millions d'années dans l'archipel des Mascareignes. D'une superficie de 2500 km², elle repose sur deux volcans : le Piton de la Fournaise, un des volcans les plus actifs au monde, et le volcan endormi du Piton des Neiges, qui culmine à 3070 m d'altitude.

Située à 800 km à l'est de Madagascar (55.5 ◦E - 21.1 ◦S), l'île de La Réunion est caractérisée par un climat tropical humide atténué par l'influence de l'océan, notamment en termes d'alternance stricte des saisons sèches et humides.

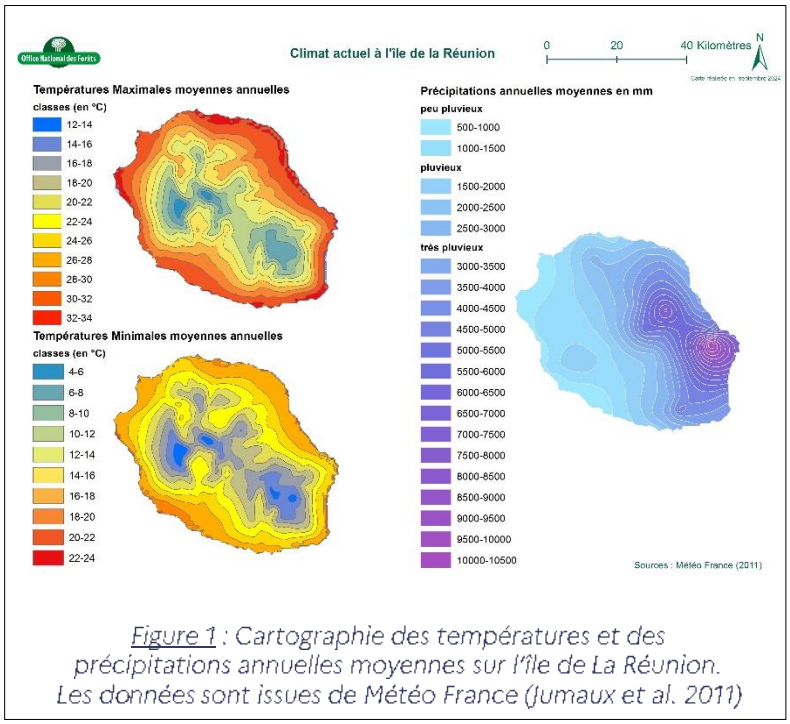


Figure 1 : Cartographie des températures et des précipitations annuelles moyennes sur l'île de La Réunion. Les données sont issues de Météo France (Jumaux et al. 2011)

Néanmoins, l'effet de son relief accidenté prend le relais et génère, en interaction avec les alizés d'orientation est/est-sud-est, la diversité de microclimats qui singularise cette île. Les alizés charrient des masses d'air humides qui viennent se heurter au relief de l'île. Elles se condensent au niveau des mi-pentes (1000 m d'altitude environ) et engendrent d'intenses précipitations, notamment à l'est. La zone Ouest de l'île est épargnée. Ainsi, deux grandes zones bioclimatiques se distinguent à La Réunion : la zone dîte « au-vent » très humide à l'est et la zone dîte « sous-le-vent » à l'ouest, beaucoup plus sèche.

Le climat tropical définit deux saisons à La Réunion :

- La saison chaude et humide qui s'étale de janvier à mars, où la nette augmentation des températures favorise la cyclogénèse. Le passage d'un cyclone peut générer parfois jusqu'à la moitié de la pluviométrie annuelle en quelques jours.
- La saison fraîche et sèche de mai à novembre, où les températures diminuent et les alizés se renforcent. De ce fait, les précipitations restent importantes mais irrégulières, surtout sur la zone au-vent. L'Ouest est globalement marqué par une période de sècheresse, accentuée entre octobre et novembre quand le régime d'alizés faiblit. Les hauts de l'Ouest se couvrent néanmoins par d'habituels nuages de pente, ce qui permet de garder une humidité ambiante et de limiter l'évapotranspiration.

De façon générale, l'île reçoit beaucoup de précipitations, qui sont variables dans l'espace et dans le temps. Par une nette dissymétrie Est/Ouest, le cumul moyen varie de 1 m à 10 m d'eau par an (Figure 1). Seule une frange basse à l'ouest reçoit moins de 500 mm par an. Les précipitations peuvent être très faibles voire absentes durant plusieurs mois, et intenses durant quelques heures à la faveur du passage d'une dépression tropicale.

Au niveau du régime thermique, l'Est est généralement plus frais avec une différence moyenne

de 1°C par rapport à l'Ouest. De même, les températures diminuent régulièrement avec l'altitude de 0,7°C par 100 m en moyenne (Figure 1). Les isothermes remontent dans les cirques et les grandes vallées. Les températures maximales varient entre 25 et 27°C l'hiver et 30 et 32°C l'été dans les basses altitudes. À 1 500 m d'altitude, elles varient de 19 à 22°C en été et de 15 à 18°C en hiver. Aux sommets, elles atteignent 2 à 4°C en hiver où les températures négatives ne sont pas rares, et 8 à 10°C en été.

ii. Le changement climatique en cours sur l'île de La Réunion

Le projet BRIO (Building Resilience in the Indian Ocean), mené par Météo France en 2022, a mis en évidence l'enclenchement du réchauffement climatique à l'échelle du bassin Sud-Ouest de l'océan Indien (Leroux et al., 2022). Ces tendances s'accordent avec les tendances mondiales.

Ainsi, La Réunion a déjà enregistré un réchauffement d'environ 1°C durant la période 1968-2023 (Figure 2). Ce réchauffement s'est accélèré durant la dernière décennie. Du côté des précipitations, aucune tendance n'a été significativement démontrée. Il en va de même pour la fréquence de passage de dépressions tropicales. Seule la région Sud-Ouest de l'île montre une diminution significative du cumul de pluies annuelles, avec -36 % depuis 1961.

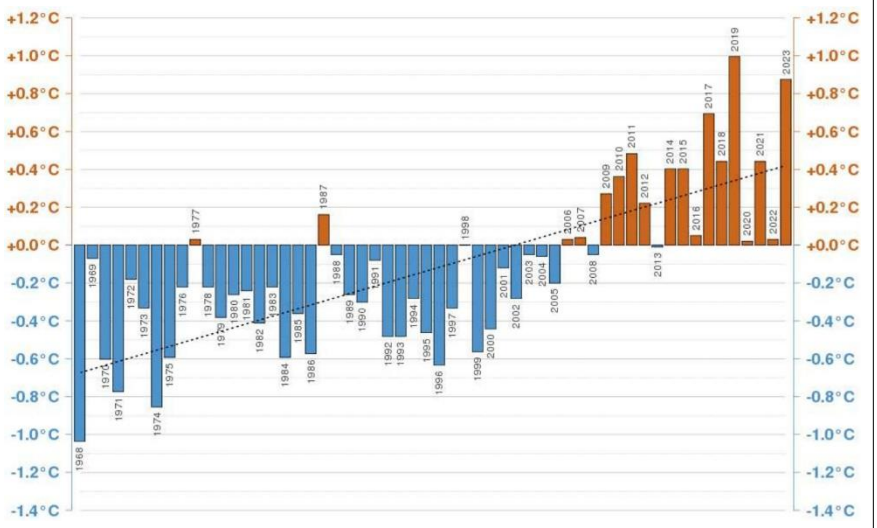


Figure 2 : Evolution des anomalies thermiques moyennes annuelles sur la période 1968-2023 observées à 2 m d'altitude à La Réunion (Leroux et al., 2022)

L'impact de ce réchauffement s'observe depuis quelques années à La Réunion. Des phénomènes de dépérissement sont recensés sur différents types de végétation, à chaque fois en lien avec la présence de ravageurs qui profitent de l'affaiblissement des arbres par la sécheresse.

Par exemple, la forêt de l'Etang Salé souffre de dépérissements intenses. Elle est pourtant constituée d'essences exotiques sélectionnées pour leur tolérance à la sécheresse. Les larves d'un Longicorne (*Coelosterna scabrator*) sont une des causes principales (Tassin et al., 1997). De même, des dépérissements ponctuels ont déjà été recensés sur des espèces indigènes (Figure 3). Des Grands nattes (*Mimusops balata*) ont, par exemple, subitement dépéri en 2020 vers 450 m d'altitude à la Grande Chaloupe (limite basse de leur aire de répartition), attaqués par les larves d'un coléoptère dans une période particulièrement sèche. Cette même année, des Bois de nèfles (*Eugenia buxifolia*) ont également dépéri à très basse altitude dans la ravine Tamarin (100 m. d'altitude). Enfin, depuis plusieurs années, dans les zones situées au dessus de 1300 m d'altitude, le Tamarin des Hauts (*Acacia heterophylla*) subit d'intenses dépérissements en lien avec l'invasion d'un Psylle exotique (*Acizzia uncatoides*) (Bonanno et al., 2023), en particulier les années les plus sèches.

Figure 3 : Dépérissements d'espèces d'arbres endémiques observés récemment à La Réunion : A) Grand Natte (Mimusops balata, endémique Réunion-Maurice), B) Tamarin des Hauts (Acacia heterophylla, endémique Réunion) et C) Bois de Nèfles (Eugenia buxifolia, endémique Réunion)

iii. Le futur climat de l'île de la Réunion : les différents scénarios

Dans le cadre de son sixième rapport d'évaluation publié en 2023, le GIEC a développé cinq scénarios sur l'évolution probable du climat pour la suite du XXIe siècle. Appelés « scénarios socio-économiques partagés » (SSP), ils sont le résultat de modèles climatiques qui prennent en compte les volontés et/ou capacités des sociétés à réduire les émissions de gaz à effet de serre pour évaluer l'importance du réchauffement climatique.

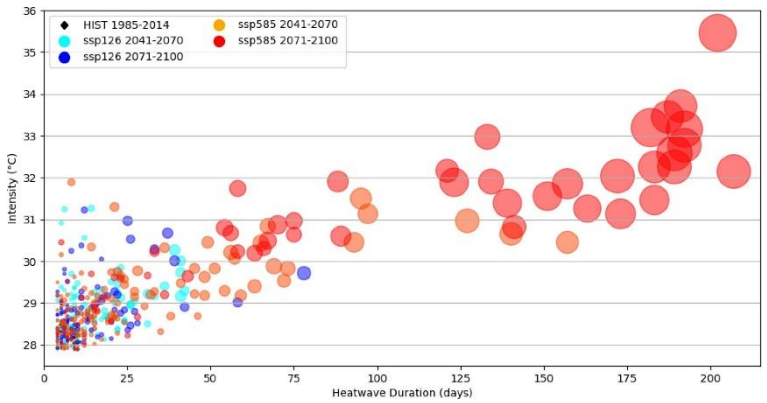
Sur la base des données du GIEC, le projet BRIO a décliné trois scénarios à l'horizon 2100 pour le bassin du Sud-Ouest de l'océan Indien en haute résolution (Leroux et al., 2022). Il s'agit de : « l'optimiste » SSP1-2.6, où les pays adoptent collectivement des pratiques durables qui permettent le déclin des émissions de gaz à effet de serre ; « l'intermédiaire » SSP2-4.5 dans lequel le rythme d'émission actuel ne varie pas ; et « le pessimiste » SSP5-8.5, où la poursuite de la croissance économique est basée sur toujours plus de combustibles fossiles.

Les résultats de ces projections pour La Réunion sont unanimes : même si le réchauffement sera moins rapide que sur le reste du globe, l'île enregistrera une augmentation des températures. Il est prédit entre +1°C et +3,5°C en moyenne à La Réunion, tandis que ces chiffres frôlent +5°C pour la moyenne mondiale (scénario le plus pessimiste). C'est durant la saison chaude que la hausse des températures sera plus marquée. Le nombre de jours annuels de fortes chaleurs va significativement augmenter dans les bas de l'île, entrainant des phénomènes de vagues de chaleur. Le site de Gillot est donné en exemple pour illustrer ce réchauffement. Situé à Sainte-Marie à moins de 100 m d'altitude, il y fait actuellement en moyenne 23,6°C. A l'horizon 2100 et dans le pire scénario, les températures seraient comparables au climat actuel de Pamandzi à Mayotte (26,7°C en moyenne). De plus, les températures maximales devraient dépasser 31°C près de 180 jours par an contre une dizaine de jours actuellement (Figure 4).

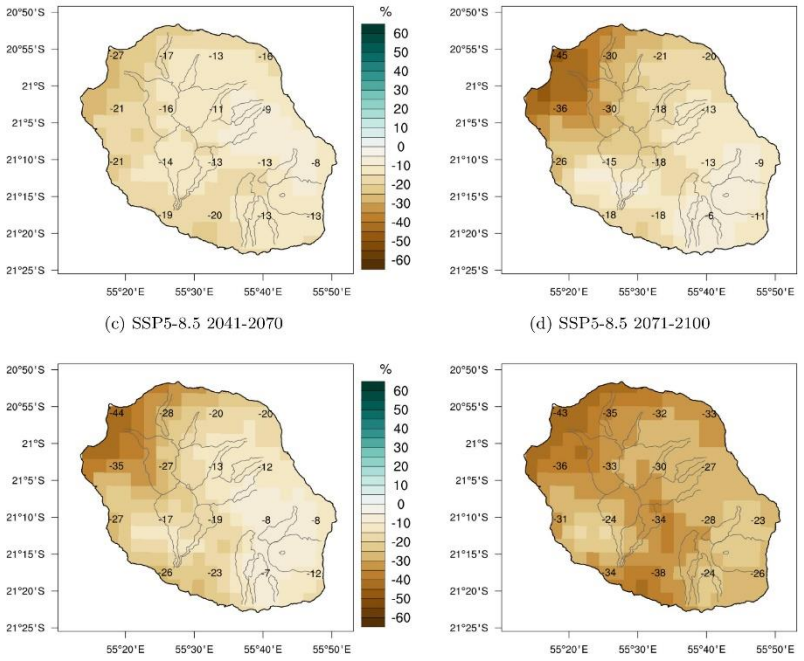
Il est plus difficile d'évaluer l'avenir du régime hydrique de La Réunion, les précipitations étant marquées par une grande variablitié interannuelle. Néanmoins, l'ensemble des scénarios décrivent une disparité trimestrielle et une augmentation des phénomènes extrêmes, à savoir des sècheresses et des inondations. De plus, les alizés se renforceront, contribuant à augmenter le contraste hydrique entre les versants au-vent et sous-le-vent de l'île, notamment en hiver. La saison sèche sera impactée par une baisse globale des précipitations de 20 à 35 % et un allongement dû à un démarrage plus tardif de la saison des pluies (Figure 5).

Pour finir, le niveau de la mer augmentera de + 30 cm à + 5 m. Un renforcement de l'intensité des cyclones est également à prévoir, lesquels se rapprocheront des Mascareignes. Autant de facteurs qui contribueront à augmenter les risques naturels à La Réunion.

Figure 4 : Nombre et intensité des vagues de chaleur au niveau de Gillot (Sainte-Marie) aux horizons 2070 et 2100 selon les scénarios « optimiste » (SSP1.26) et « pessimiste » (SSP5.85). Une vague de chaleur est enregistrée dès que les températures journalières moyennes dépassent 27,9 °C. (Leroux et al., 2022)



(a) SSP1-2.6 2041-2070 (b) SSP1-2.6 2071-2100



(c) SSP5-8.5 2041-2070 (d) SSP5-8.5 2071-2100

Figure 5 : Anomalies moyennes des précipitations (en %) durant la saison sèche (juin à novembre) aux horizons 2070 et 2100 selon les scénarios optimiste (SSP1.26) et pessimistes (SSP5.85). (Leroux et al., 2022)

b. Objet d'étude : les arbres indigènes et endémiques de La Réunion

Les arbres de La Réunion ont été repertoriés et décrits dans de nombreux ouvrages de référence (Bosser et al., 1976-(2005) ; Cadet,1980, ...). Cependant, pour certaines espèces, il est difficile de savoir suivant les auteurs s'il s'agit d'arbres ou d'arbustes et d'en extraire aisément des listes. On retrouve ces divergences dans la plupart des ouvrages traitant de la botanique dans la zone océan Indien et au-delà. En réalité, il n'existe pas de véritable définition précise de ce qu'est un arbre – au contraire, on en trouve de multiples - et il est donc impossible de définir, de manière absolue, une liste d'espèces d'arbres pour une région donnée.

Pour autant, il est important de connaitre le nombre d'espèces d'arbres indigènes à La Réunion, et pouvoir ainsi comparer avec les autres régions du monde. C'est l'objectif de la synthèse qui a été réalisée par l'ONF, pour le compte du Ministère de l'Agriculture et de la FAO, sur les « Ressources Génétiques Forestières » de La Réunion, en 2015 puis 2020, en publiant une liste des espèces d'arbres indigènes et exotiques formant le couvert des forêts réunionnaises (FAO, 2020).

Toute chose étant perfectible, nous avons profité de cette étude sur les arbres indigènes de La Réunion pour affiner cette liste, en essayant de bien séparer les « véritables » espèces d'arbres qui composent le couvert forestier, des espèces que l'on peut plutôt qualifier d'arbustes.

Au niveau international, il est globalement admis qu'un arbre est une plante ligneuse (avec un ou plusieurs troncs) d'une hauteur minimum de 5 m à l'âge adulte, dans des conditions favorables (FAO , 1998). Cette hauteur minimale de 5 m peut paraître faible pour des forêts tropicales, mais dans le contexte réunionnais où les forêts indigènes sont naturellement basses, surtout dans l'étage montagnard, ce premier critère de détermination reste pertinent.

Cependant, certaines espèces arbustives peuvent parfois dépasser 5 m de hauteur, mais restent généralement à l'ombre dans le sous-bois. Autre caractéristique importante, leurs diamètres dépassent exceptionnellement 15 cm à l'âge d'adulte et sont généralement inférieurs à 10 cm de diamètre. Pour cette étude, nous avons considéré comme étant des arbres les espèces faisant plus de 15 cm de diamètre à l'âge adulte, sachant que dans les protocoles nationaux de suivi de dépérissement – qui commencent à être appliqués à La Réunion (protocle « DEPERIS ») - seuls les individus de plus de 17,5 cm de diamètre sont inventoriés et suivis.

Même si les palmiers, les fougères arborescentes et les bambous ont une importance particulière dans les canopées réunionionnaises, ces taxons n'ont pas été traités dans cette étude pour pouvoir se focaliser exclusivement sur les arbres. Ce choix s'explique aussi par l'absence de données bancarisées suffisament fiables et disponibles sur ces taxons.

Pour finir, la liste d'arbres indigènes de La Réunion a été établie à partir des bases de données issues de TAXREF (Boullet et al, 2020) et de la nouvelle Liste Rouge (Amy, 2023), qui recensent toutes les espèces indigènes d'arbres à La Réunion. Cette liste a ensuite été soumise pour avis à plusieurs experts du Conservatoire Botanique National du Mascarin (CBNM).

c. Caractérisation des groupes écologiques d'espèces d'arbres de La Réunion

Dans cette étude, les espèces d'arbres indigènes de La Réunion ont été rassemblées en groupes écologiques. Dans sa thèse en 1980, Thérésien Cadet distingue plusieurs groupes écologiques dans la végétation, qu'il définit comme « *un ensemble d'espèces ayant les mêmes affinités pour les variables environnementales* ».

Par conséquent, il discrimine les groupes écologiques selon les facteurs climatiques (température et pluviométrie) et l'exigence des espèces pour la lumière. Il ignore les facteurs pédologiques qui « *n'amèneront pas à distinguer une multitude de groupes écologiques car les sols de la Réunion sont tous issus de l'altération de roches-mères très peu diversifiées sur le plan chimique* ». Dans le cadre de cette étude qui se concentre uniquement sur les arbres de La Réunion, le facteur lumière n'est pas discriminant car seules les espèces appartenant à la canopée ont été retenues, excluant ainsi les espèces strictement sciaphiles.

La caractérisation des groupes écologiques s'est faite en suivant les étapes ci-dessous (Fig. 6) :

- Pour chaque espèce d'arbre, les données d'observations stockées depuis plus de 25 ans dans la base de données Borbonica (SINP local) ont été extraites. Seules les occurrences naturelles ont été retenues. Les observations d'individus plantés en milieu urbain, en milieu agricole ou sur des parcelles de plantation et de reconstitution écologique ont été retirées. Les observations abérrantes ont aussi été triées à dire d'expert ;
- A l'aide du logiel ArcGIS, les variables bioclimatiques ont été relevées pour chaque donnée d'occurrence. Il s'agit de l'altitude (directement corrélée à la température), la température annuelle moyenne, minimale et maximale, le cumul de pluviométrie annuel moyen, minimal et maximal, et la position dans la côte au-vent ou sous-le-vent. Les données climatiques utilisées sont issues de la base de données mondiale Chelsa de résolution 1x1 km, préférentiellement à celles de Météo France dont les données de résolution sont moins fines (3x3 km) ;
- Les répartitions altitudinales, thermiques et hydriques ont été générées pour chaque espèce étudiée. Elles correspondent à l'enveloppe climatique de chaque espèce ;

- Enfin, grâce à l'analyse de ces répartitions, les espèces ont été classées en différents groupes écologiques.

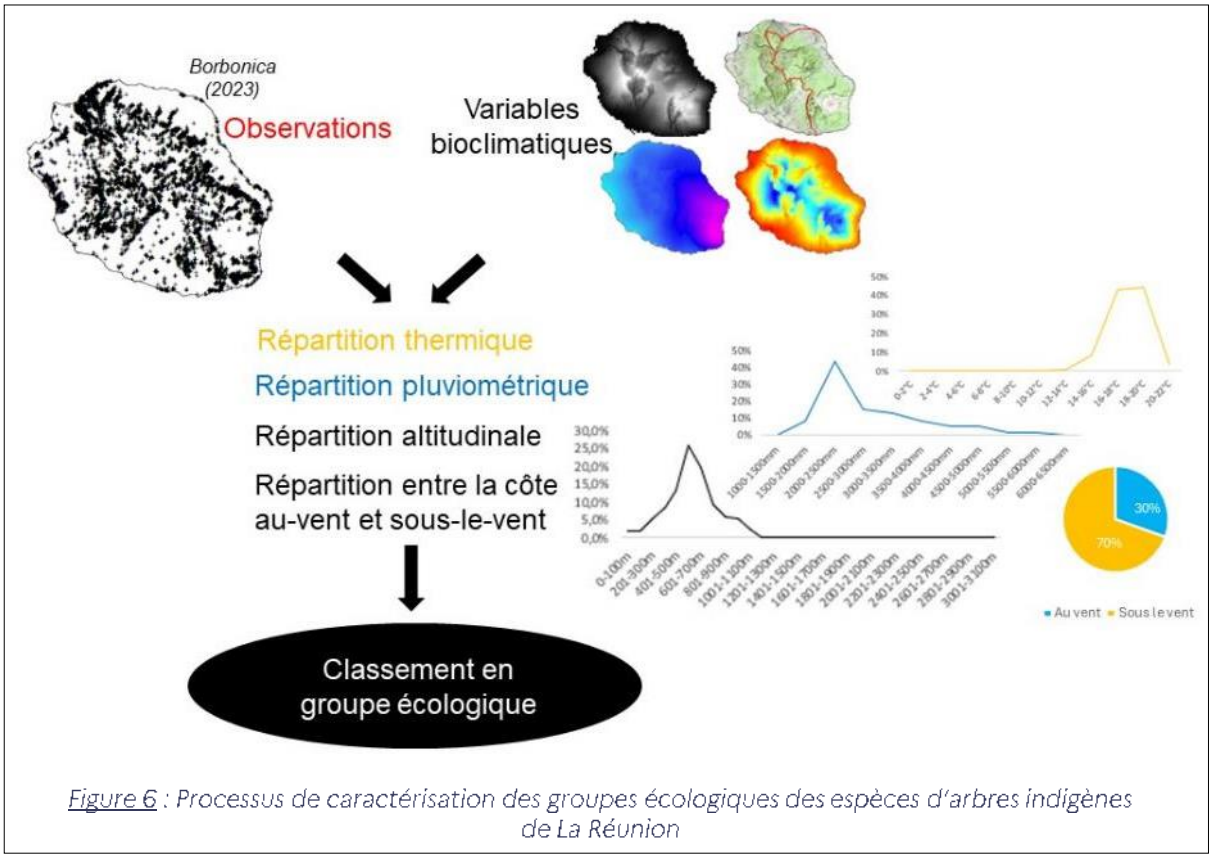


Figure 6 : Processus de caractérisation des groupes écologiques des espèces d'arbres indigènes de La Réunion

d. Modélisation des aires climatiques favorables des groupes écologiques

i. Le principe

Afin d'étudier les effets du changement climatique sur la répartition des espèces, la communauté scientifique emploie largement des modèles de distribution d'espèces, appelés « Species Distibution Models » (IPBES, 2016 ; Dupouey, 2007; Dubos et al., 2022).

Basés sur la théorie de niche écologique (Hutchinson, 1957), les modèles de distribution d'espèces sont des modèles statistiques qui calculent les aires climatiques favorables pour des espèces données à partir des données d'occurrences et des variables bioclimatiques. Le but est d'abord de formuler le modèle qui explique le mieux les similarités environnementales entre les sites de présence, puis d'utiliser ce modèle pour prédire les futures aires climatiques favorables en fonction des futures répartitions des variables climatiques.

Dans les faits, plusieurs algorithmes existent pour modéliser les distributions spécifiques : MaxEnt (« Maximum Entropy », Phillips et al., 2006), Random Forest (Breiman, 2001), Boosted Regression Trees (Friedman, 2001; Hastie, 2009), Bioclim (Hijmans and Graham, 2006), ... La meilleure méthode veut que l'ensemble de ces algorithmes soient employés et moyennés pour obtenir un modèle global tenant compte des incertitudes liées à chaque méthode (Valavi et al., 2022 ; Schmitt et al., 2017). Pour autant, dans le cadre de cette étude, les modélisations ont été réalisées exclusivement sous MaxEnt, reconnu comme le meilleur algorithme (Valavi et al., 2022 ; Elith et al., 2011). Cette étape a nécessité le package dismo (Hijmans et al., 2011), le logiciel R et une extension du programme Java.

ii. Les données d'occurrences

De même que pour l'étape de caractérisation des groupes écologiques, les données d'observations ont été extraites de la base de données Borbonica (2023) pour chaque espèce, puis compilées pour chaque groupe écologique. Néanmoins, les données d'occurrences sont déterminantes dans le résultat du modèle car des erreurs peuvent entrainer de larges biais. Dans le but de réaliser des modèles robustes, les données d'occurrences douteuses ont été supprimées, telles que les espèces communément confondues sur le terrain (par exemple, *Pandanus montanus* relevé en bord de mer, *Polycias borbonica* confondu avec *P. repanda*, etc.)

iii. Les données climatiques

Les prédicteurs climatiques implémentés dans les modèles représentent aussi des données cruciales pour la réussite des modélisations. Présenté ci-dessous, le tableau 1 a été réalisé afin de comparer les avantages et les inconvénients des trois sources de données climatiques disponibles à La Réunion.

Au final, les 19 biovariables climatiques de Chelsa (version 2, Karger et al., 2021) ont été retenues sur les pas de temps historiques (1981-2010) et futurs (2041-2070), ceci dans le cadre des scénarios SSP3.70 (intermédiaire) et SSP5.85 (pessimiste) basés sur les accords de Paris de la COP21 visant à limiter le réchauffement en-dessous de +2°C. Les scénarios optimistes ont été écartés de l'étude car d'après la communauté scientifique internationale, ils ne sont déjà plus réalisables.

Enfin, dans la démarche d'analyse SDM, il convient d'utiliser les données issues de plusieurs modèles de circulation générale (GCM, « General Circulation Models ») afin de quantifier l'incertitude et d'en tenir compte. Les modèles de circulation générale représentent la dynamique de l'atmosphère et les flux qui s'y jouent. Différents GCM existent. Ainsi, cette étude utilise les 19 biovariables issues de 4 GCM de la 6eme phase du projet d'intercomparaison de modèles couplés (« Coupled Model Intercomparison Project », CMIP6). Ces GCM sont considérés comme étant appropriés par la notice d'utilisation des données Chelsa. Ils sont décrits dans le tableau 2.

iv. Modélisation des aires climatiques actuelles des groupes écologiques

Pour chaque groupe écologique, les aires climatiques favorables ont été modélisées avec MaxEnt en suivant les étapes suivantes (Elith et al., 2011) :

- Les données d'occurrences et les biovariables actuelles ont été préparées au même format (maillage 1x1 km);
- Des pseudo-absences ont été générées (1000 à 1500 selon les groupes) dans les zones naturelles ou secondarisées en excluant les zones urbaines et agricoles, où ces espèces sont naturellement absentes ;
- Afin de limiter la colinéarité des 19 biovariables, celle-ci ont été sélectionnées pour chaque groupe selon un processus statistique en utilisant la fonction removeCollinearity du package virtualspecies sur R (Leroy et al., 2016) ;
- Les courbes de réponse ont été vérifiées pour chaque biovariable selectionnée ;
- La capacité du modèle à expliquer au mieux les données d'occurrences a été évaluée grâce au critère d'évaluation statistique AUC (Swets, 1988).

Enfin, les groupes écologiques littoraux n'ont pas été modélisés par manque de données d'observations fiables et plus complètes.

Tableau 1 : Comparaison des trois sources de données climatiques à implémenter dans les modélisations

Source	Biovariables	Résolution	Modèles Climatiques Globaux (GCM)	Vérification terrain	Fiabilité	Exploitabilité
Météo France (Leroux et al., 2022)	4 biovariables : Température moyenne/j, Température minimale/j, Température maximale/j, Précipitations moyennes/j	9 km²	Modèle moyen issu de 22 GCM	Oui	Forte car vérification terrain	Difficile, nécessite un gros travail de codage pour convertir les variables journalières en variables annuelles
Chelsa (Karger et al., 2021)	19 biovariables dont 8 décrivant les températures et 8 décrivant les précipitations annuelles	1 km²	5 GCM	Non	Moyenne, les données de pluviométrie sont corrélées à la direction des alizés	Facile, les variables sont moyennées et annualisées, prêtes à l'emploi et disponibles en libre accès
Worldclim (Fick & Hijmans, 2017)	19 biovariables dont 8 décrivant les températures et 8 décrivant les précipitations annuelles	1 km²	Environ 10 GCM	Non	Faible, les données de pluviométrie sont corrélées à l'altitude	Facile, les variables sont moyennées et annualisées, prêtes à l'emploi et disponibles en libre accès

Tableau 2 : Description des modèles de circulation générale utilisés dans cette étude

	Climat Actuel	Scénario intermédiaire - SSP3.70							Scénario pessimiste - SSP5.85						
		Modèles Climatiques Globaux				Moyenne	Ecart-type	Evolution	Modèles Climatique Globaux				Moyenne	Ecart-type	Evolution
Exemple de 7 variables bioclimatiques sur 19		**GFDL**	**UK**	**MPI**	**IPSL**				**GFDL**	**UK**	**MPI**	**IPSL**			
Température annuelle moyenne (°C)	18,3	19,6	20,3	19,4	19,8	19,8	0,4	1,5	19,6	20,6	19,6	20,0	19,9	0,5	1,6
Température moyenne du mois le plus chaud (°C)	23,3	24,8	25,6	24,6	24,8	25,0	0,4	1,7	24,8	26,1	24,9	25,1	25,2	0,6	1,9
Température moyenne du mois le plus froid (°C)	13,3	14,3	15,0	14,1	14,6	14,5	0,4	1,2	14,3	15,3	14,4	14,7	14,7	0,5	1,4
Amplitude annuelle moyenne des températures (°C)	10,1	10,6	10,7	10,6	10,3	10,5	0,2	0,5	10,6	10,7	10,5	10,4	10,6	0,1	0,5
Cumul de précipitation annuel moyen (mm)	3079	3063	3330	3143	2930	3116	168	38	2992	3504	3225	2881	3151	276	72
Précipitation moyenne du mois le plus humide (mm)	624	668	736	671	605	670	53	46	637	838	724	572	693	115	69
Précipitation moyenne du mois le plus sec (mm)	95	101	83	89	86	90	8	-5	89	81	86	81	84	4	-11
Amplitude annuelle moyenne des précipitations (%)	67,4	73,0	79,9	78,5	63,2	73,6	7,6	6,3	73,6	82,9	76,8	65,2	74,6	7,4	7,2

v. Prédictions des futures aires climatiques favorables des groupes écologiques

Pour chaque groupe écologique, l'aire climatique favorable a été prédite sur l'île de La Réunion à l'horizon 2070 pour les scénarios SSP3.70 et SSP5.85.

Afin de prendre en compte l'incertitude de telles prédictions, les aires climatiques favorables ont été calculées pour chacun des 4 GCM. La moyenne de l'ensemble de ces 4 prédictions a été calculée, ainsi que l'écart-type qui témoigne de l'incertitude. La répartition finale des aires climatiques favorables à l'horizon 2070 est représentée par une carte « consensus », où l'incertitude a été soustraite à la moyenne des 4 prédictions (Dubos et al., 2022 b)

III. Résultats

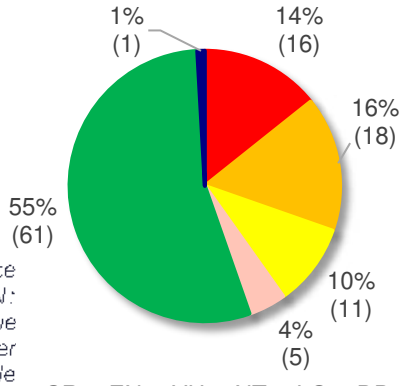
a. La liste des arbres indigènes de La Réunion

Cette étude a permis de dresser une liste des espèces d'arbres indigènes de La Réunion (v. annexe 1) : les arbres de La Réunion comptent au total 112 espèces indigènes, incluant 129 taxons différents (espèces, sous-espèces et variétés confondues). Ils se répartissent dans 41 familles : les Malvaceés abritent de loin le plus d'espèces (16 %). Les arbres représentent ainsi près de 14 % des 962 taxons indigènes de la flore réunionnaise (Boullet et al., 2017).

Spécificité importante, La Réunion abrite 49 espèces d'arbres endémiques strictes de l'île et constitue ainsi le Département d'Outre-Mer comptant le plus grand nombre d'espèces d'arbres endémiques rapporté à sa surface. Ce fort taux d'endémisme est propre aux îles très éloignées et isolées des continents. Si l'on compare au reste de la flore indigène, ce taux d'endémisme est particulièrement élevé pour les arbres : 44 % des arbres sont endémiques strictes de La Réunion contre 24 % de la flore en général, et 82 % sont endémiques des Mascareignes contre 40 % de la flore en général. La plus faible capacité de dispersion des arbres, par rapport aux autres types de végétaux, semble avoir favorisé ce phénomène d'endémisme, en limitant encore plus les capacités d'échanges géniques avec les populations sources très éloignées.

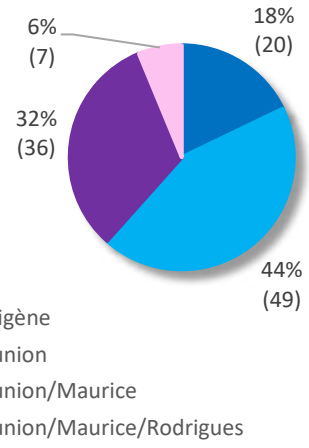
Une grande partie de ces arbres, près de 40 %, se retrouve aujourd'hui menacée d'extinction selon les critères de l'UICN (classée CR, EN ou VU). 16 espèces sont en Danger critique d'extinction (CR), en raison de leur raréfaction extrême et des menaces qui pèsent sur les dernières stations. 4 de ces espèces bénéficient actuellement d'un Plan National d'Actions (PNA) pour éviter leur extinction. Les espèces inféodées aux zones de basse altitude, qui ont été les plus défrichées historiquement, sont logiquement les plus menacées en raison de la raréfaction et fragmentation de leurs habitats (Figure 9 et 10).

Figure 7 : Nombre d'espèces d'arbres de la Réunion selon leur statut de menace (UICN, 2023)



Statut de menace selon UICN : Danger critique (CR), En danger (EN), Vulnérable (VU), Quasi menacée (NT), Données Insuffisantes (DD)

Figure 8 : Nombre d'espèces d'arbres de la Réunion selon leur statut d'endémisme



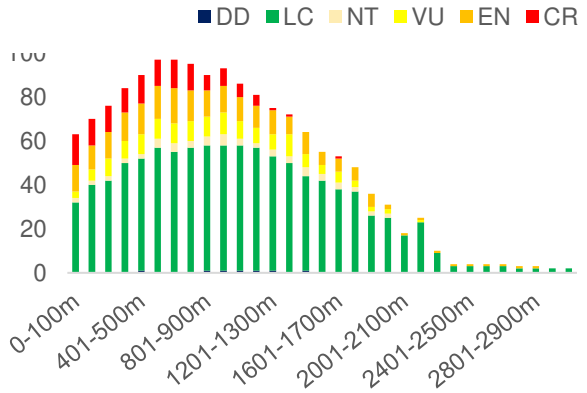


Figure 9 : Nombre d'espèces d'arbres indigènes à La Réunion par statut de menace et par altitude

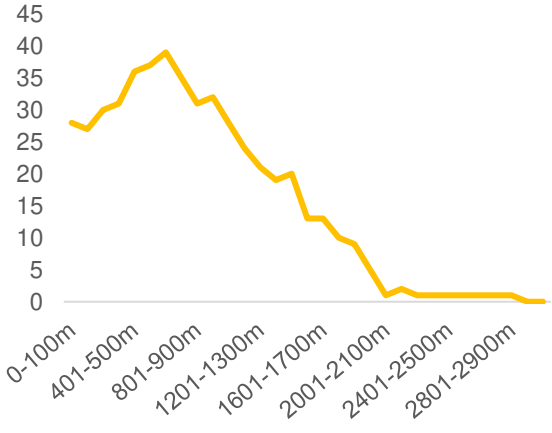


Figure 10 : Nombre d'espèces d'arbres protégées en fonction de l'altitude à La Réunion

b. Les groupes écologiques d'arbres de La Réunion

i. Caractérisation des groupes écologiques

Un jeu de données volumineux issu de plus de 25 ans de relevés naturalistes a permis de décrire l'enveloppe climatique de chaque espèce d'arbres. Au total, 110 espèces d'arbres ont pu être caractérisées avec 64 767 données d'observations. Seules 2 espèces n'ont pas pu être analysées car elles n'avaient aucune donnée d'occurrence dans Borbonica : *Fernelia pedunculata* et *Dombeya formosa*.

Les 110 espèces d'arbres ont été réunies en 13 groupes écologiques, discriminés selon leurs affinitées pour les variables climatiques (Tableau 3). Sous forme d'un fichier Excel, l'Annexe 2 présente la liste détaillée des espèces d'arbres pour chaque groupe écologique ainsi que les données climatiques relatives à chaque espèce.

Comme dans Cadet (1980), le facteur thermique sépare 3 groupes :

- Le mégatherme (*méga* = forte ; *therme* = température) qui rassemble les espèces inféodées aux zones chaudes de basses altitudes. Les températures annuelles moyennes se trouvent entre 19 et 24 °C ;
- Le mésotherme (*méso* = moyen) qui correspond aux espèces qui prospèrent pour une température moyenne annuelle inférieure à 17,5°C (limite basse de la zone mégatherme). Ces espèces se retrouvent entre 1000 et 2000 m d'altitude ;
- L'oligotherme (*oligo* = faible), qui caractérise les zones froides supérieures à 2000 m d'altitude où les seules espèces d'arbres capables de survivre s'adaptent aux conditions extrèmes en se nanifiant.

Pour le facteur hydrique, Cadet (1980) distingue 3 groupes qui ne concernent que la série mégatherme : mégatherme semi-xérophile, mégatherme hygrophile et mégatherme indifférent. Il décrit qu'au-delà de 1000 m d'altitude, l'eau est en excédent et ne constitue plus un facteur limitant pour la végétation. Notre étude met en lumière 4 groupes bien distincts pour la série mégatherme vis-à-vis de la tolérance des arbres à l'eau :

- Le xérophile (*xéro* = sec, *phile* = ami) qui englobe 5 espèces d'arbres rustiques très peu tolérantes à l'excès d'eau. Elles ont besoin d'une période de sécheresse annuelle. Leur répartition se limite en-dessous de l'isohyete de 1500 mm/an. Elles se retrouvent à très basse altitude et disparaissent au-dessus de 400 m d'altitude en moyenne.
- Le semi-xérophile (*semi-xéro* = semi-sec) qui concerne des espèces situées entre 400 et 800 m d'altitude sur la côte sous-le-vent, dont la répartition est limitée par l'isohyètes de 2000 mm/an. Tout comme les espèces xérophiles, ces espèces ont besoin d'une période de sécheresse mais semblent ne pas tolérer les trop fortes chaleurs des bas de l'Ouest et les périodes de sécheresse trop prolongées.
- L'hygrophile (*hygro* = humide). Ce groupe rassemble toutes les espèces pour lesquelles le manque d'eau et la sécheresse sont des facteurs limitants. Ces espèces se rencontrent au-dessus de l'isohyètes de 2000 mm/an.
- Pour finir, des espèces ont la capacité de vivre aussi bien en zone sèche qu'en zone humide. Celles-ci sont donc classées comme indifférentes face au facteur hydrique.

Ainsi, les résultats de cette étude correspondent bien avec les groupes écologiques que décrit Cadet (1980). Néanmoins, la quantité de données naturalistes et climatiques récoltées depuis 1980 apporte des précisions sur la composition de ces groupes, car ceux-ci ont été décrits à l'époque sur la base de données climatiques issues de seulement quelques stations météo et des données beaucoup moins complètes sur la répartition des espèces d'arbres.

La connaissance fine de l'amplitude des espèces pour chaque facteur climatique a permis de préciser, voir de sudbiviser, certains groupes écologiques de Cadet (Figure 11). Par exemple, des espèces sont strictement inféodées à une fine frange climatique. D'autres sont plus tolérantes et il arrive que leurs affinités superposent plusieurs groupes écologiques. C'est le cas du Tamarin des Hauts (*Acacia heterophylla*), qui prospère en forêt tropicale de montagne (mésotherme) et qui est aussi bien présent au début de l'étage altimontain (oligotherme). Pour ces espèces dotées d'une plus grande amplitude climatique, nous avons pris le parti de créer de nouveaux groupes écologiques pour intégrer ces nuances. Il s'agit des groupes « mégatherme xérophile et semi-xérophile », « mégatherme hygrophile et mésotherme » et « mésotherme et oligotherme ».

Pour finir, les espèces largement réparties à l'échelle de La Réunion, ont été divisées en deux groupes : ubiquiste de basse et moyenne altitude et ubiquiste de moyenne et haute altitude.

Le tableau 3 illustre la distinction entre ces groupes en présentant les répartitions altitudinales des espèces qui les composent.

Tableau 3 : Caractéristiques climatiques et altitudinales des 13 groupes écologiques
**Les données sont issues de Chelsa et sont annualisées et moyennées sur la période de 1981-2010*

Groupe écologique	Température annuelle*	Température des mois les plus frais*	Température des mois les plus chauds*	Précipitations annuelles*	Précipitation des mois les plus secs*	Précipitation des mois les plus humides*	Altitude moyenne	Altitude minimale	Altitude maximale	Présence au vent	Présence sous le vent
Littorale xérophile	24,2	21,8	26,5	1560	132	883	2	-1	59	0%	100%
Littorale indifférent	23,0	20,6	25,4	2528	272	1257	108	-1	2109	34%	66%
Littorale hygrophile	22,8	20,3	25,3	3965	491	1767	55	-1	801	88%	12%
Mégatherme xérophile	22,6	20,2	25,1	1885	159	1084	260	4	1193	1%	99%
Mégatherme xérophile et semi-xérophile	21,0	18,4	23,6	2301	213	1264	491	-1	1663	6%	94%
Mégatherme semi-xérophile	19,7	17,0	22,3	2504	235	1369	696	2	1823	9%	91%
Mégatherme indifférent	19,8	17,1	22,5	2832	290	1459	656	-1	2118	31%	69%
Mégatherme hygrophile	19,5	16,7	22,2	3693	418	1771	670	2	1762	72%	28%
Mégatherme hygrophile et mésotherme	17,5	14,6	20,4	3647	405	1778	988	30	2189	71%	29%
Mésotherme hygrophile	15,0	12,0	18,0	3451	367	1741	1386	323	2642	71%	29%
Mésotherme et oligotherme	10,1	6,8	13,4	3236	330	1676	2168	1099	2854	40%	60%
Ubiquiste basse et moyenne altitude	17,9	15,1	20,7	3167	335	1601	935	4	2263	48%	52%
Ubiquiste de moyenne et haute altitude	13,4	10,2	16,4	3364	353	1714	1679	151	3013	59%	41%

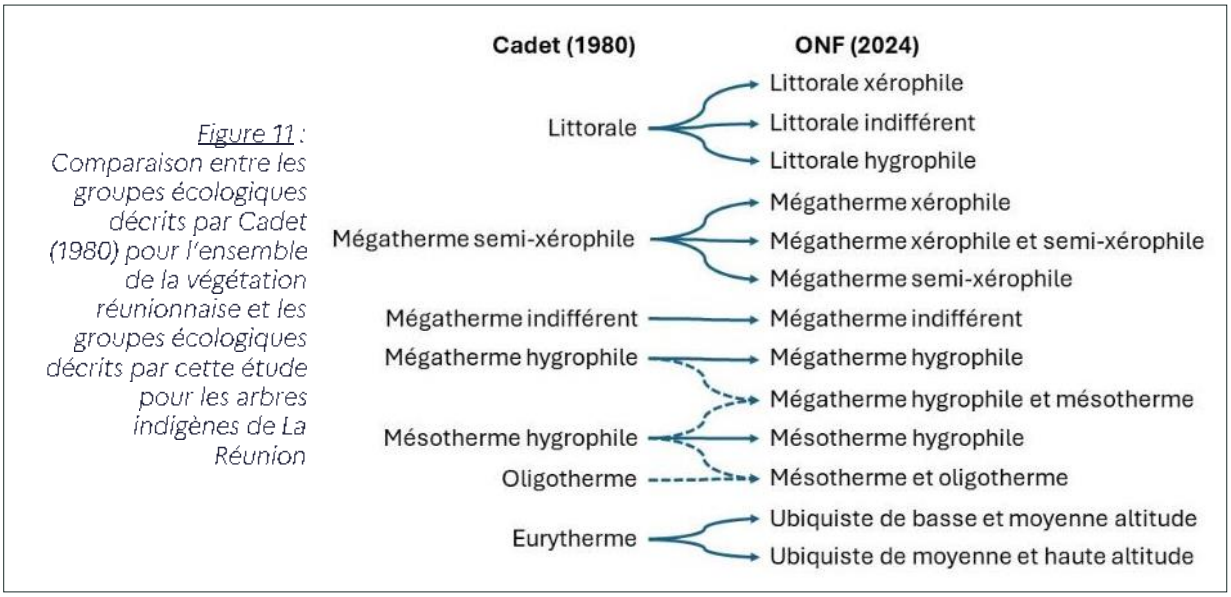


Figure 11 : Comparaison entre les groupes écologiques décrits par Cadet (1980) pour l'ensemble de la végétation réunionnaise et les groupes écologiques décrits par cette étude pour les arbres indigènes de La Réunion

La figure 12 présente ci-dessous le nombre d'espèces et les enjeux de conservation de chaque groupe écologigue. Les groupes de basse altitude (mégatherme) comptent le plus d'espèces et concentrent la majorité des enjeux de conservation. Les espèces inféodées aux zones sèches de l'île (xérophile à semi-xérophile) sont presque toutes menacées et protégées par arrêté ministériel.

Cette figure fait apparaître un autre élément : les espèces largement répandues à la Réunion disposent d'un taux d'endémisme inférieur comparé aux espèces spécialistes. Il s'agit pour la majorité d'espèces indigènes, que l'on peut observer en dehors des Mascareignes.

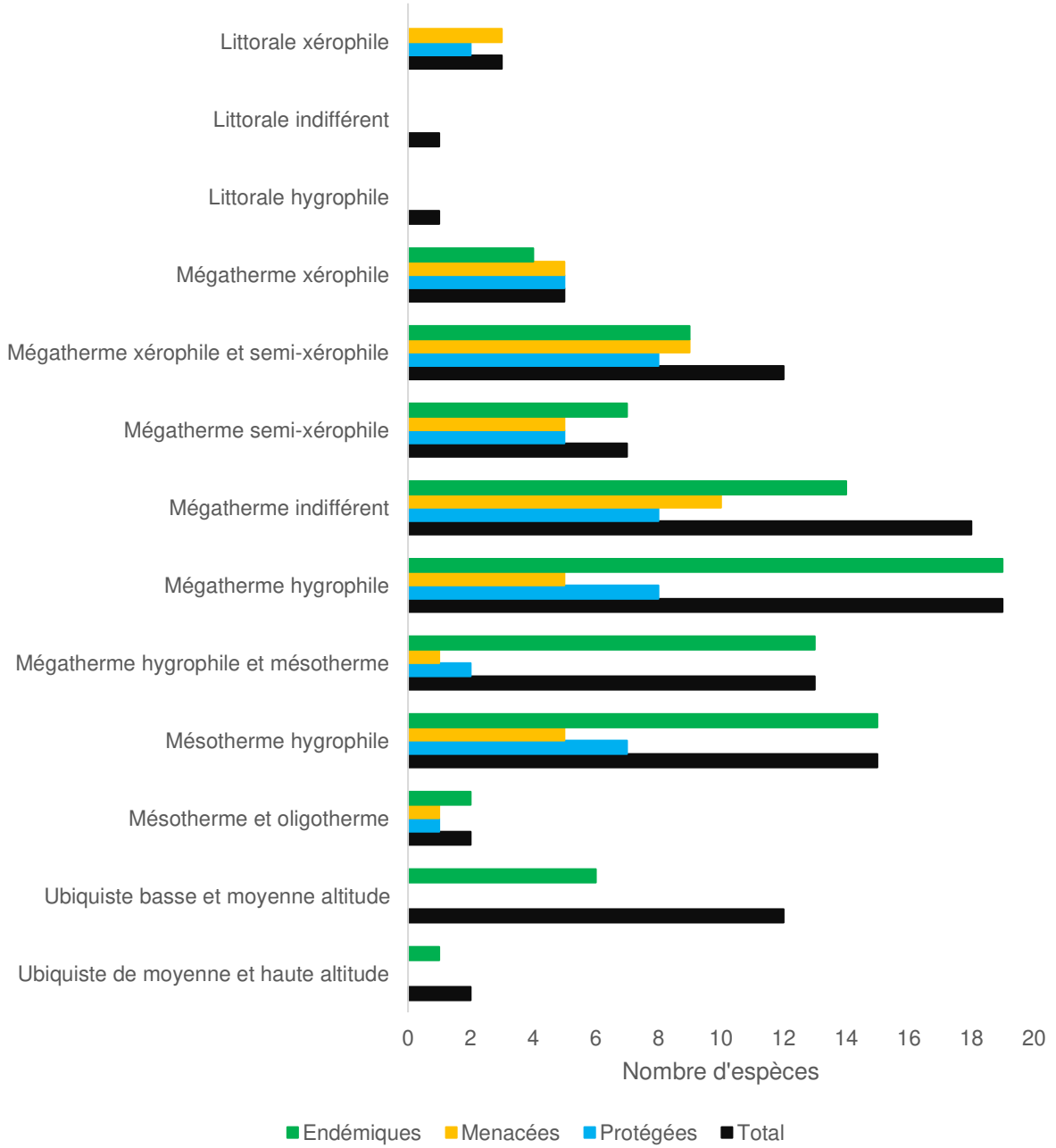


Figure 12 : Graphique présentant pour chaque groupe écologique d'arbres de La Réunion le nombre d'espèces endémiques des Mascareignes, le nombre d'espèces menacées selon les critères de l'UICN (classées CR, EN ou VU), le nombre d'espèces protégées par arrêté ministériel, et le nombre d'espèces d'arbre total appartenant au groupe

Tableau 4 : Exemple de la répartition du nombre d'observations pour chaque espèces des groupes secs et semi-secs selon le gradient altitudinal de la Réunion. Les données sont issues de Borbonica (2023)

Groupe écologique	Nom scientifique	Altitude moy.	0-100m	101-200m	201-300m	301-400m	401-500m	501-600m	601-700m	701-800m	801-900m	901-1000m	1001-1100m	1101-1200m	1201-1300m	1301-1400m	1401-1500m	1501-1600m	1601-1700m	1701-1800m	1801-1900m	1901-2000m	2001-2100m	2101-2200m	2201-2300m	2301-2400m	2401-2500m	2501-2600m
Mégatherme xérophile	*Fernelia buxifolia*	214	53	177	87	21	20	14	6	1																		
	Foetidia mauritiana	310	34	107	161	75	69	70	13	1				1														
	Ruizia cordata	128	15	2	3		1																					
	Stillingia lineata	297	10	25	83	69	17	4	8	1																		
	Tabernaemontana persicariifolia	181	56	54	58	9	4	1	3			1																
Mégatherme xérophile et semi-xérophile	*Coptosperma borbonicum*	579	5	28	23	16	41	96	124	115	17	2																
	Croton mauritianus	570	1	1		5	10	22	7	15	1																	
	Erythroxylum hypericifolium	428	20	109	126	93	72	215	80	65	3																	
	Hibiscus columnaris	333	25	127	124	16	17	37	37	17	8	5	3	3														
	Olea europaea	278	17	38	32	20	14	13	3	2																		
	Pleurostylia pachyphloea	632	19	35	40	40	62	153	79	66	33	30	8	22	14	13	13	6	2									
	Poupartia borbonica	361	7	71	53	16	21	48	27	6	1		1															
	Ruizia populnea	605	1	2	4	11	27	66	32	22	22	2	1	5														
	Scolopia heterophylla	445	2	48	59	16	21	63	26	22	12	1	5	1														
	Securinega durissima	582	12	66	65	67	115	280	170	104	91	50	24	18	2													
	Terminalia bentzoe	405	8	24	46	28	75	42	23	5		2																
	Vepris lanceolata	572	19	41	65	33	49	71	96	57	27	30	17	12	4	7	5											
Mégatherme semi-xérophile	*Ceodes lanceolata*	687							9	6																		
	Cossinia pinnata	605	2	4	20	22	49	123	87	58	45	10	5		1													
	Dombeya delislei	748					4	10	32	23	10	7	2	4	2						1							
	Dombeya umbellata	788			1		1	7	25	6	11	8	1	6	1		1	1										
	Indigofera ammoxylum	833	1	1	1	2	2	14	8	6	10	12	13	9	3				1									
	Pandanus sylvestris	733			1	14	43	131	129	99	55	35	11	11	9	8	9	13	4									
	Polyscias rivalsii	658			1		2	25	73	20	5	6																

ii. La répartition des groupes écologiques d'arbres au sein de la végétation de La Réunion

Les différents types de végétation et de forêts naturelles de La Réunion sont constituées d'un assemblage unique d'espèces appartenant à différents groupes écologiques. Cet assemblage varie selon les conditions environnementales et forme chaque facette du paysage végétal.

Il faut donc bien faire la différence entre la répartition des groupes écologiques et la répartition des différents types de végétation.

La figure 13 illustre cette différence de façon simplifiée en montrant la répartition des groupes écologiques d'arbres et la répartition des principaux types de végétation présents à La Réunion le long de deux transects. Ayant survécu aux défrichements historiques, ces transects sont des représentations uniques de corridors de végétation qui couvraient auparavant tout le territoire du littoral jusqu'aux sommets des montagnes. Il s'agit du corridor reliant la Grande Chaloupe à la Roche Ecrite (sous-le-vent) jusqu'à la forêt de Mare Longue (au-vent).

Sur cette figure se retrouvent les mêmes frontières altitudinales que présentait Cadet dans sa thèse (1980) pour les différents types de végétation. Seule exception, la végétation xérophile n'est pas mentionnée par Cadet. Elle est nouvellement décrite dans le cadre de cette étude.

En effet, la végétation xérophile se répartit sur une bande très restreinte de la zone Ouest, entre 0 et 400 m d'altitude. Cette végétation est constituée d'arbres très résistants à la sécheresse et à la chaleur qui appartiennent majoritairement au groupe mégatherme xérophile, mais aussi aux groupes mégatherme xérophile et semi-xérophile (*Poupartia borbonica*), mégatherme indifférent (*Diospyros borbonica*) et au groupe ubiquiste de basse et moyenne altitude comme le Bois de nèfles (*Eugenia buxifolia*) ou le Bois de gaulette (*Doratoxylon apetalum*).

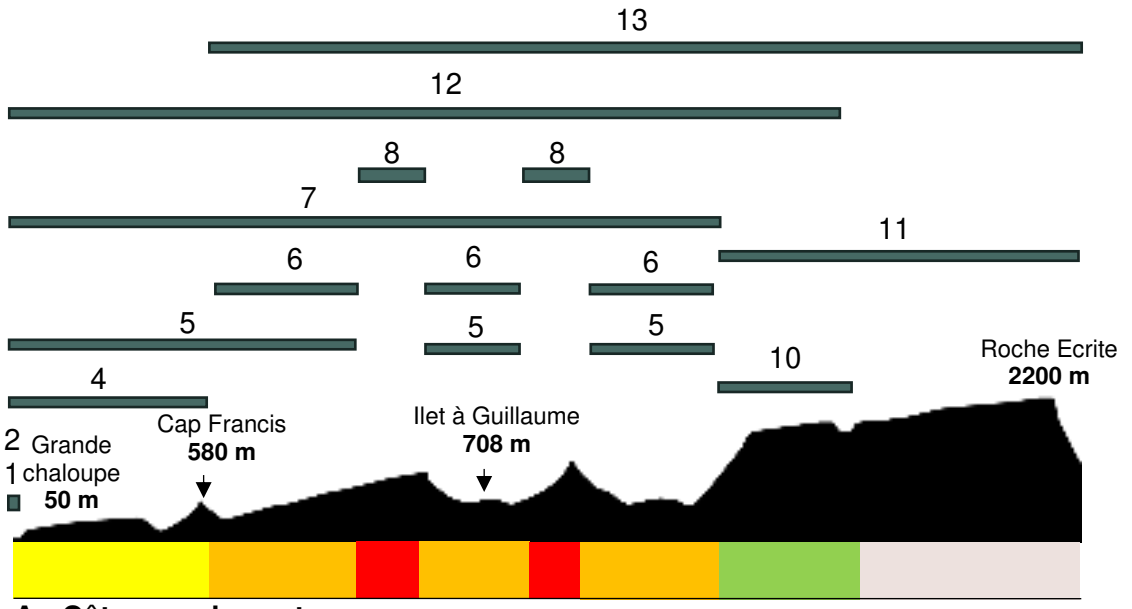
iii. L'effet de Foehn sur l'étagement de la végétation

L'effet de Foehn est un phénomène météorologique qui se développe lorsque des vents rencontrent un relief important. Il en résulte une nette différence de température et d'humidité entre les masses d'air de part et d'autre de la montagne. A La Réunion, l'effet de Foehn s'exprime particulièrement dans les reliefs encaissés de la zone Ouest, tels les cirques de Cilaos et Mafate et les grandes vallées. Il génère dans ces zones une remontée d'air chaud et sec et un assèchement global.

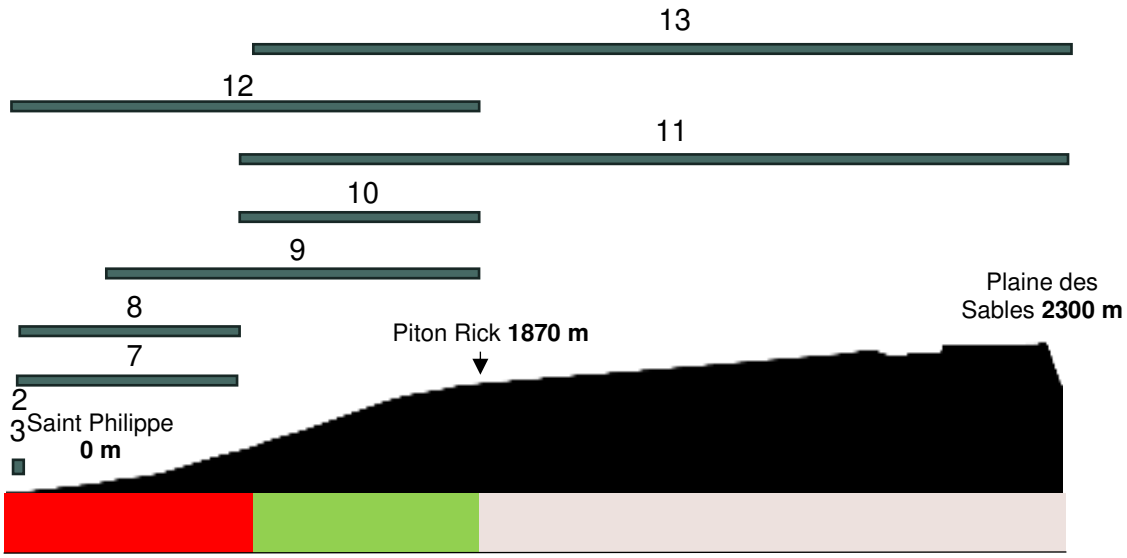
Par conséquent, l'effet de Foehn est un élément déterminant pour la répartition de la végétation. Il fait remonter les limites extrêmes de répartition des espèces végétales. Par exemple, la végétation semi-sèche s'établit jusqu'à environ 1100 m d'altitude dans le cirque de Mafate tandis qu'elle remonte au maximum à 800 m d'altitude sur planèze.

La figure 14 schématise la répartition de la végétation en présence ou non d'un effet de Foehn. Deux transects traversant La Réunion d'Ouest en Est sur 63 km sont présentés : le premier relie Le Port au Grand Brûlé en passant par Mafate ; le second unifie de façon parfaite les deux corridors écologiques de la Grande Chaloupe et de Mare Longue en passant par Salazie et Bébour-Bélouve. Ce transect forme un « super-corridor » qui réunit de manière exceptionnelle les milieux naturels des côtes au-vent et sous-le-vent sans presque jamais croiser de zones anthropisées.

Ces transects sont proches géographiquement, pourtant un nette différence est observée : la végétation semi-sèche se recontre à plus de 9 km à l'intérieur des terres dans le cirque de Mafate alors qu'elle s'observe sur moins de 5 km sur la planèze de la Grande Chaloupe.



A - Côte sous le vent



B - Côte au vent

Principaux types de végétation de l'île de la Réunion (ONF, 2024)

- Végétation mégatherme xérophile
- Végétation mégatherme semi-xérophile
- Végétation mégatherme hygrophile
- Végétation mésotherme hygrophile
- Végétation oligotherme

N°	Groupe écologique
1	Littorale xérophile
2	Littorale indifférent
3	Littorale hygrophile
4	Mégatherme xérophile
5	Mégatherme xérophile et semi-xérophile
6	Mégatherme semi-xérophile
7	Mégatherme indifférent
8	Mégatherme hygrophile
9	Mégatherme hygrophile et mésotherme
10	Mésotherme hygrophile
11	Mésotherme et oligotherme
12	Ubiquiste de basse et moyenne altitude
13	Ubiquiste de moyenne et haute altitude

Figure 13 : Place des 13 groupes écologiques définis pour les arbres indigènes de La Réunion le long de deux gradients d'altitude sur la côte sous le vent (A) et la côte au vent (B)

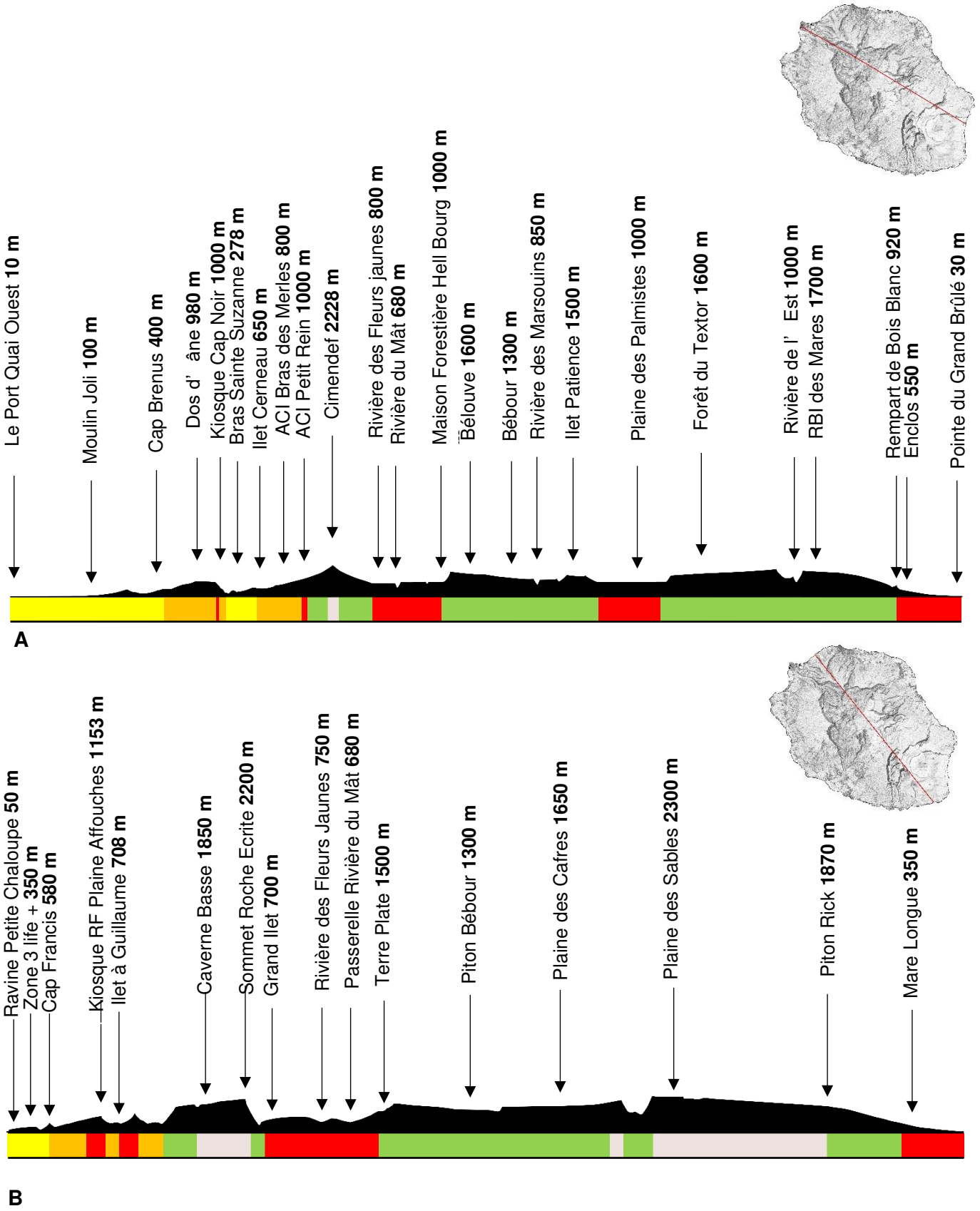


Figure 14 : Schéma mettant en lumière l'effet de Foehn sur la répartition de la végétation à La Réunion. Deux transects sont comparés : (A) traverse l'île en passant par le cirque de Mafate, (B) traverse l'île sur les planèzes

c. L'impact du changement climatique sur les groupes écologiques d'arbres de La Réunion

i. La modification de l'aire climatique favorable des groupes écologiques

L'aire climatique favorable à chaque groupe écologique d'arbres de La Réunion a été modélisée pour les périodes actuelles et futures (horizon 2070). Il faut bien souligner la différence entre l'aire climatique favorable d'un groupe écologique et son aire de répartition, laquelle dépend non seulement des conditions environnementales, mais aussi des conditions biotiques telles que la présence d'animaux disperseurs de graines.

Les modélisations de 10 groupes écologiques (les 3 groupes écologiques littoraux exceptés) sont présentées en Annexe 3 à la fin de ce document. Un tableau récapitulatif des résultats de ces modèles est aussi présenté en Annexe 4. Par souci de place, seuls trois exemples très illustratifs sur le devenir des groupes écologiques sont exposés ci-après.

À La Réunion, le changement climatique pourrait provoquer de manière significative l'extension des zones climatiques favorables aux espèces de la zone sèche (Leroux et al., 2022 ; Figure 15). En effet, les modèles montrent une augmentation jusqu'à plus de 300 % de cette surface pour les espèces du groupe mégatherme xérophile et semi-xérophile (Figure 19). L'extension s'accompagnerait aussi d'un décalage en altitude en réponse à la hausse des températures (Figure 18). Les espèces strictement semi-xérophiles verraient leur aire climatique favorable s'élever de 400 m d'altitude en moyenne.

L'extension de l'aire favorable vaut aussi pour les deux espèces du groupe mésotherme et oligotherme : le Tamarin des Hauts (*Acacia heterophylla*) et le Petit Tamarin des Hauts (*Sophora denudata*) (Annexe 3). Ces deux espèces montrent une adaptation aux conditions xériques des hautes altitudes en arborant des ports rabougris, ce qui leur permettrait de s'affranchir de l'effet des conditions plus sèches qui s'installeraient aussi dans l'étage mésotherme.

L'autre conséquence directe du changement climatique est la diminution voire la disparition totale des zones climatiques favorables aux espèces hygrophiles (Figure 16 et 19). Les modélisations montrent que ce phénomène serait généralisé pour l'ensemble des groupes écologiques hygrophiles (mégatherme hygrophile, mégatherme hygrophile et mésotherme, mésotherme hygrophile), qu'importe leur affinité avec le facteur thermique. L'eau est le facteur limitant pour la survie de ces arbres. Même si les modèles prédisent un cumul des précipitations annuelles un peu plus important qu'actuellement, il semble que l'augmentation des périodes sans pluies suffirait à engendrer la disparition de ces arbres qui ne tolèrent pas la sécheresse.

Enfin, l'aire climatique favorable des espèces largement répandues sur l'île (groupes ubiquistes ou mégatherme indifférent) semble diminuer légèrement à l'horizon 2070 (Figure 17 et 19). Leurs zones propices respectives migreraient peu en altitude. Mais la bande altitudinale offrant des conditions favorables à ces espèces rétrécirait dans le futur (Figure 18).

Afin de nuancer ces résultats, il est important de noter que les modèles ne peuvent pas prédire les effets de situations n'existant pas actuellement à La Réunion. Par exemple, aucun groupe écologique ne montre de probabilité d'aire favorable à très basse altitude (Annexe 3), même les groupes les plus adaptés aux fortes chaleurs. Et pour cause, les futures températures de ces lieux seront inédites pour La Réunion et ne font partie d'aucune enveloppe climatique actuelle. Il en est de même pour le futur climat du Sud-Est de l'île, où l'augmentation de la chaleur combinée à l'excès d'eau en saison des pluies constitueraient des conditions inédites à La Réunion. Dans les faits, il est difficile de savoir à l'avance précisément comment les espèces d'arbres s'adapteraient à ces nouvelles situations.

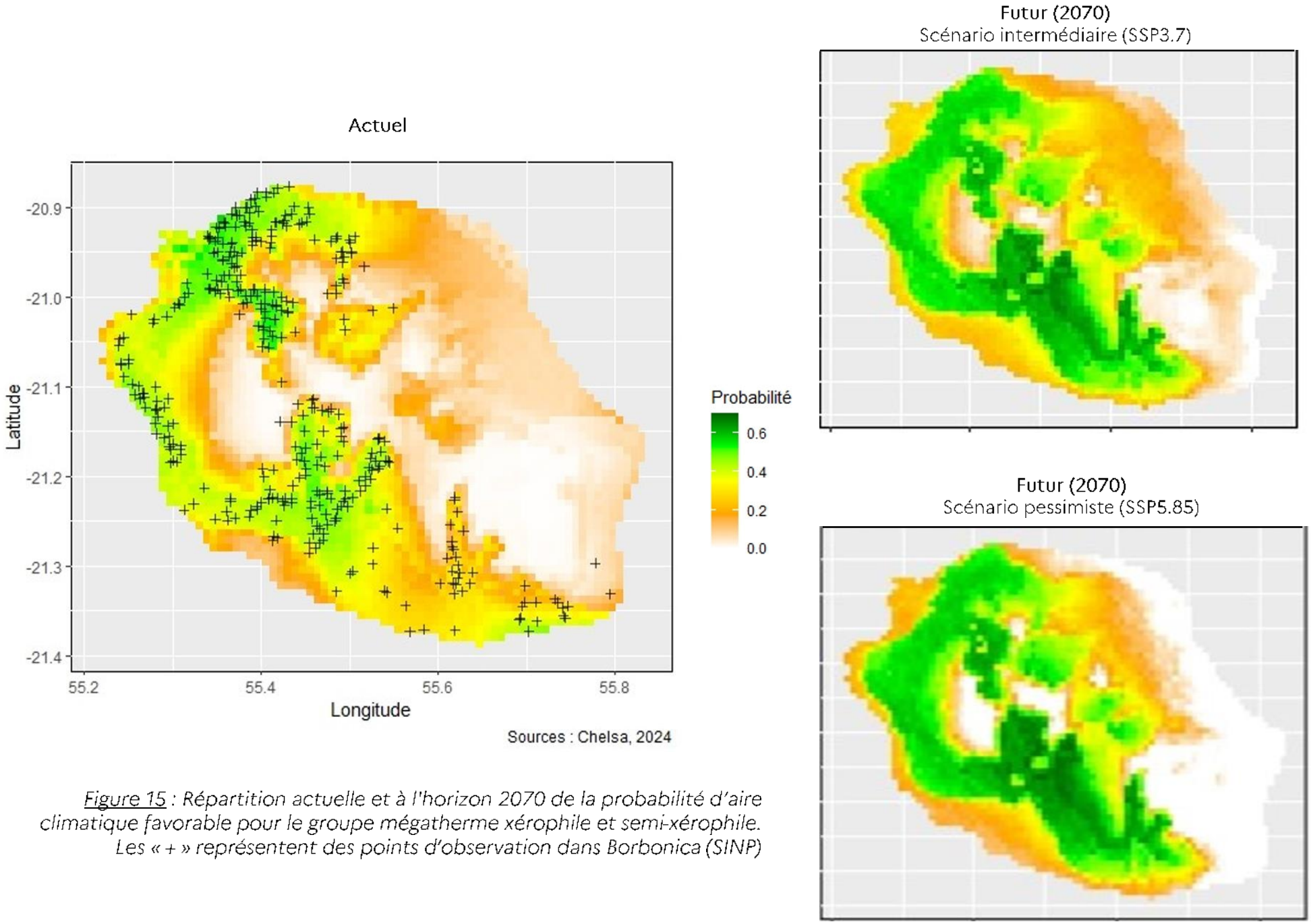


Figure 15 : Répartition actuelle et à l'horizon 2070 de la probabilité d'aire climatique favorable pour le groupe mégatherme xérophile et semi-xérophile. Les « + » représentent des points d'observation dans Borbonica (SINP)

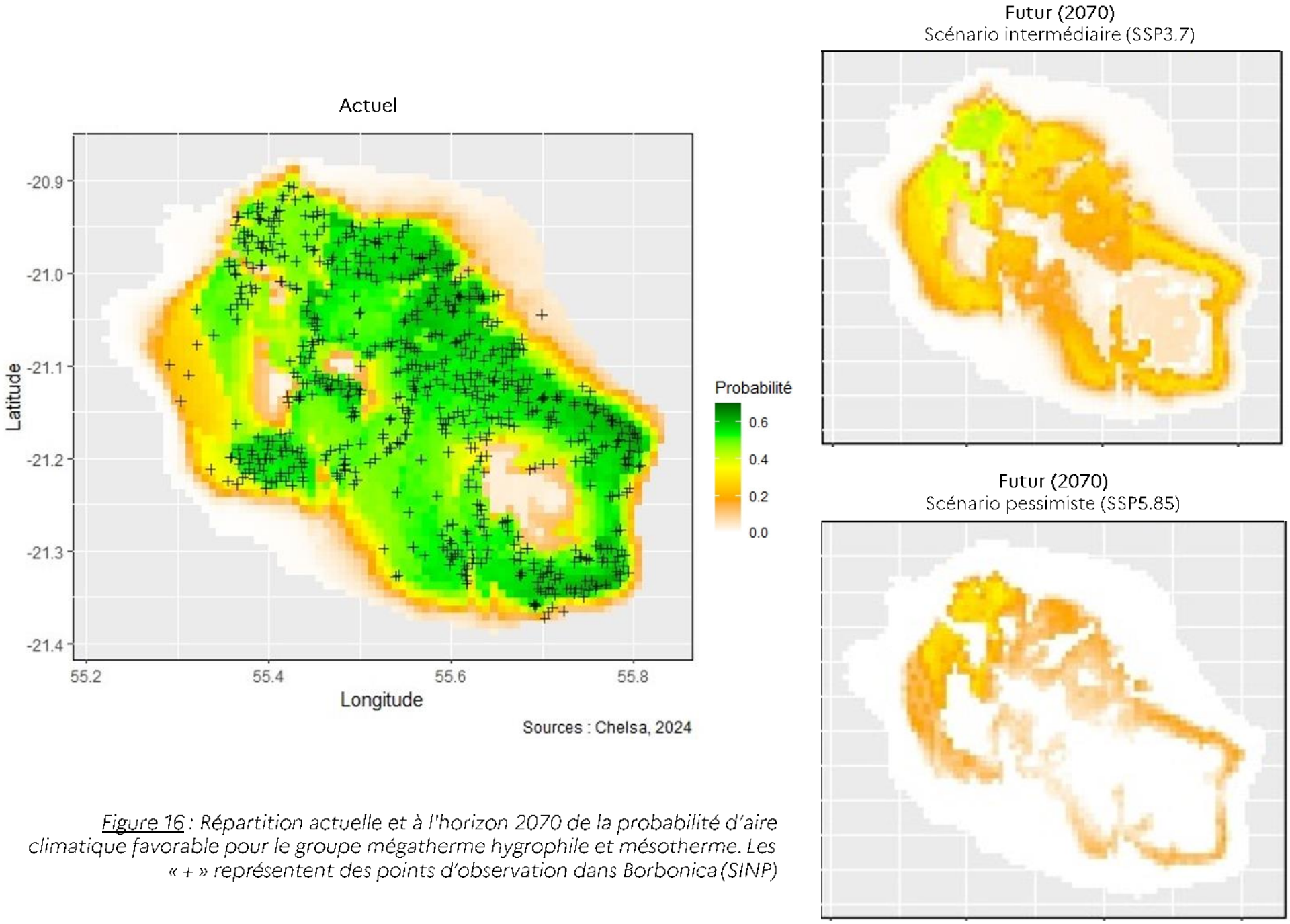


Figure 16 : Répartition actuelle et à l'horizon 2070 de la probabilité d'aire climatique favorable pour le groupe mégatherme hygrophile et mésotherme. Les « + » représentent des points d'observation dans Borbonica (SINP)

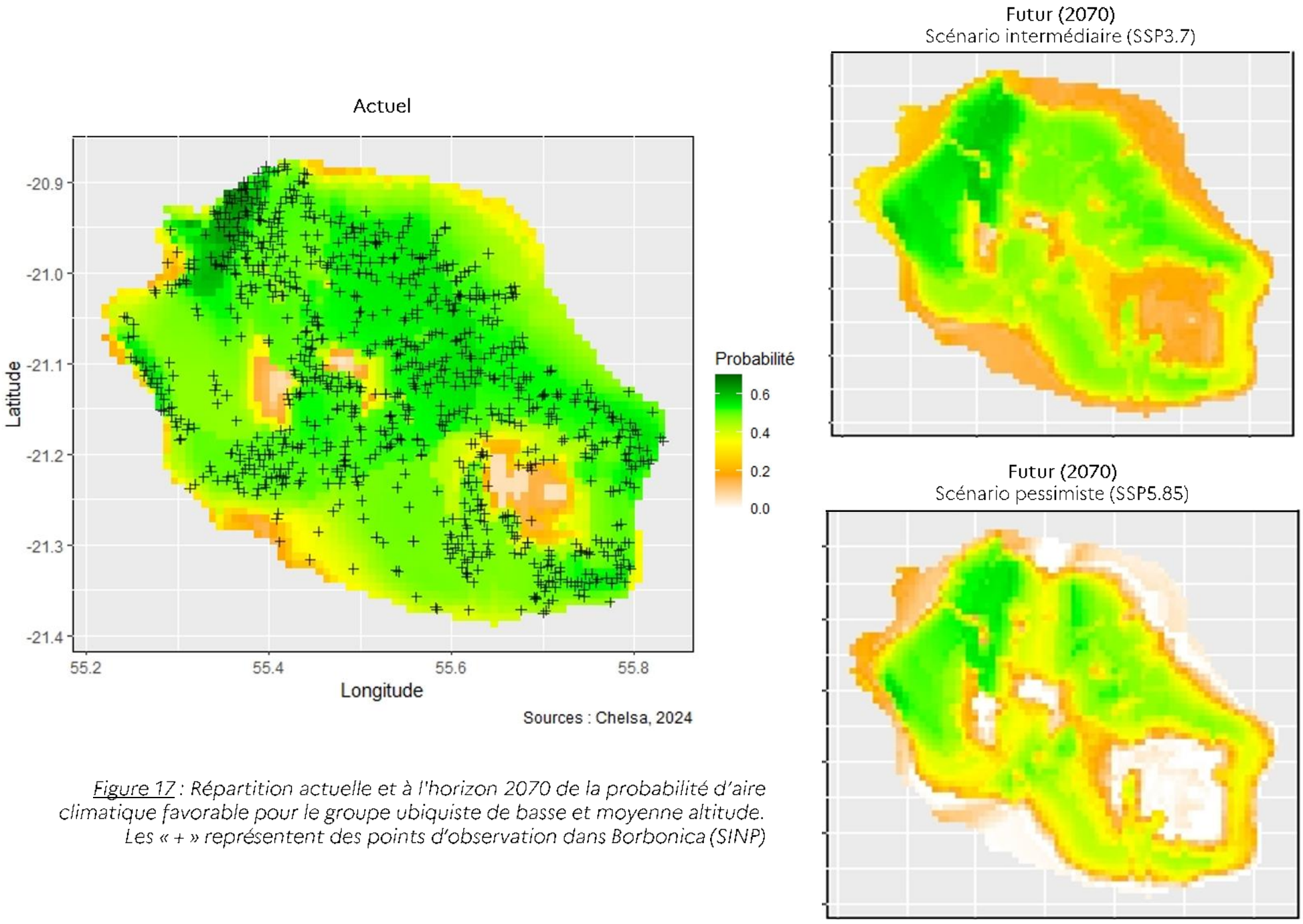


Figure 17 : Répartition actuelle et à l'horizon 2070 de la probabilité d'aire climatique favorable pour le groupe ubiquiste de basse et moyenne altitude. Les « + » représentent des points d'observation dans Borbonica (SINP)

*Figure 18 a : Evolution de la distribution altitudinale **(altitude moyenne)** des aires climatiques favorables des groupes écologiques d'arbres de La Réunion à l'horizon 2070 selon les scénario ssp370 (intermédiaire) et ssp585 (pessimiste)*

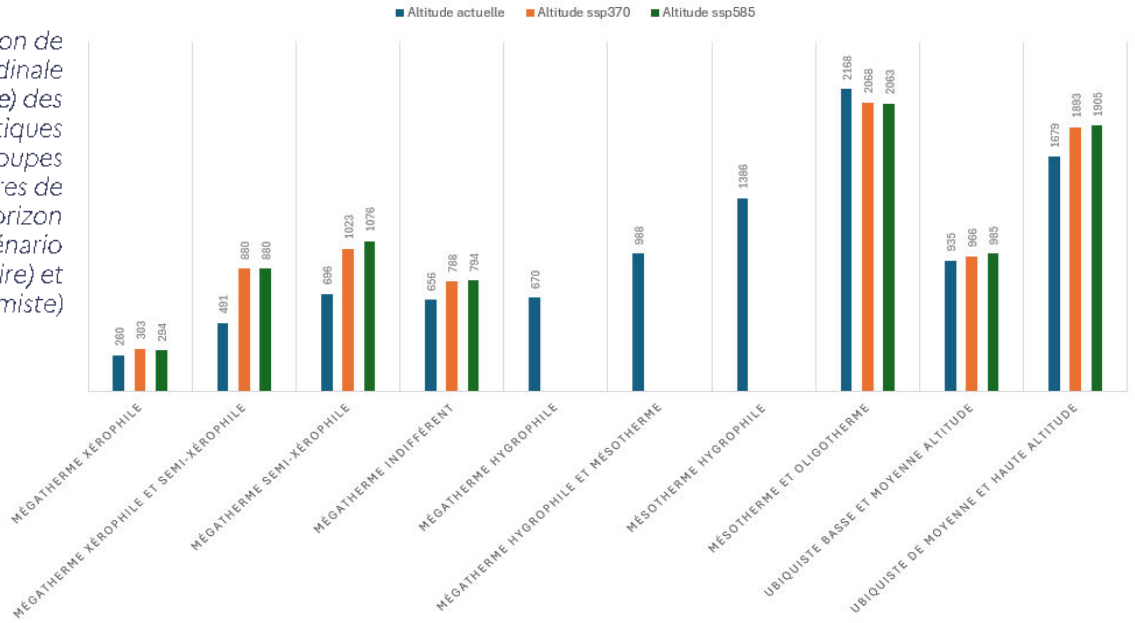


*Figure 18 b : Evolution de la distribution altitudinale **(altitude maximale)** des aires climatiques favorables des groupes écologiques d'arbres de La Réunion à l'horizon 2070 selon les scénario ssp370 (intermédiaire) et ssp585 (pessimiste)*

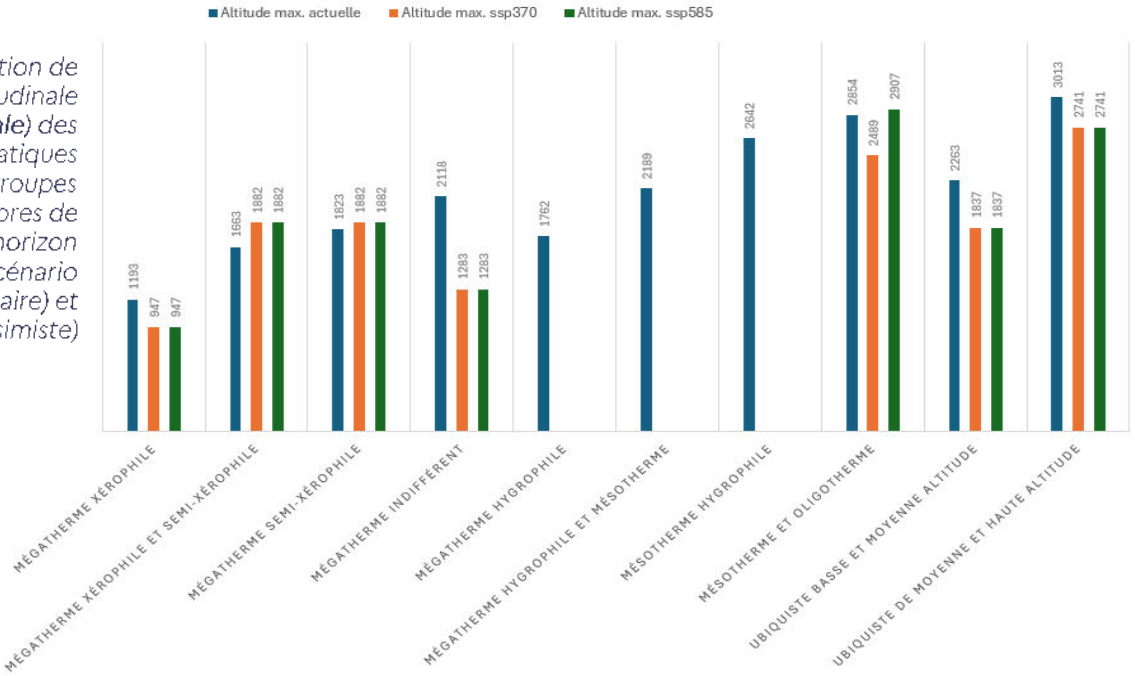
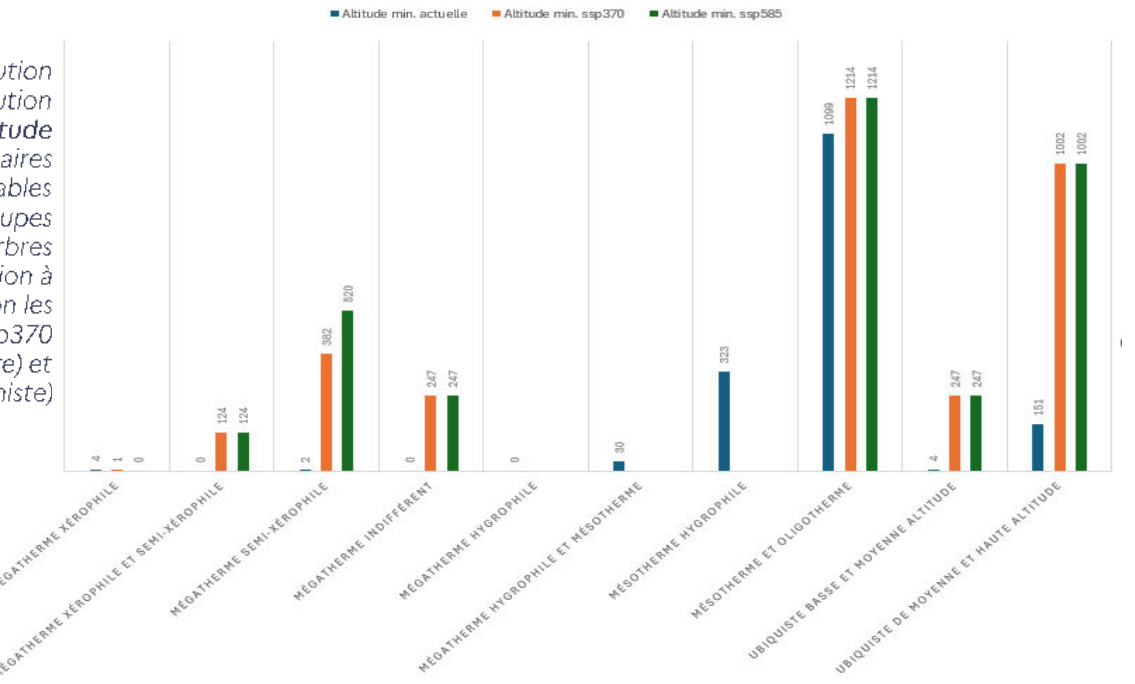


*Figure 18 c : Evolution de la distribution altitudinale **(altitude minimale)** des aires climatiques favorables des groupes écologiques d'arbres de La Réunion à l'horizon 2070 selon les scénario ssp370 (intermédiaire) et ssp585 (pessimiste)*



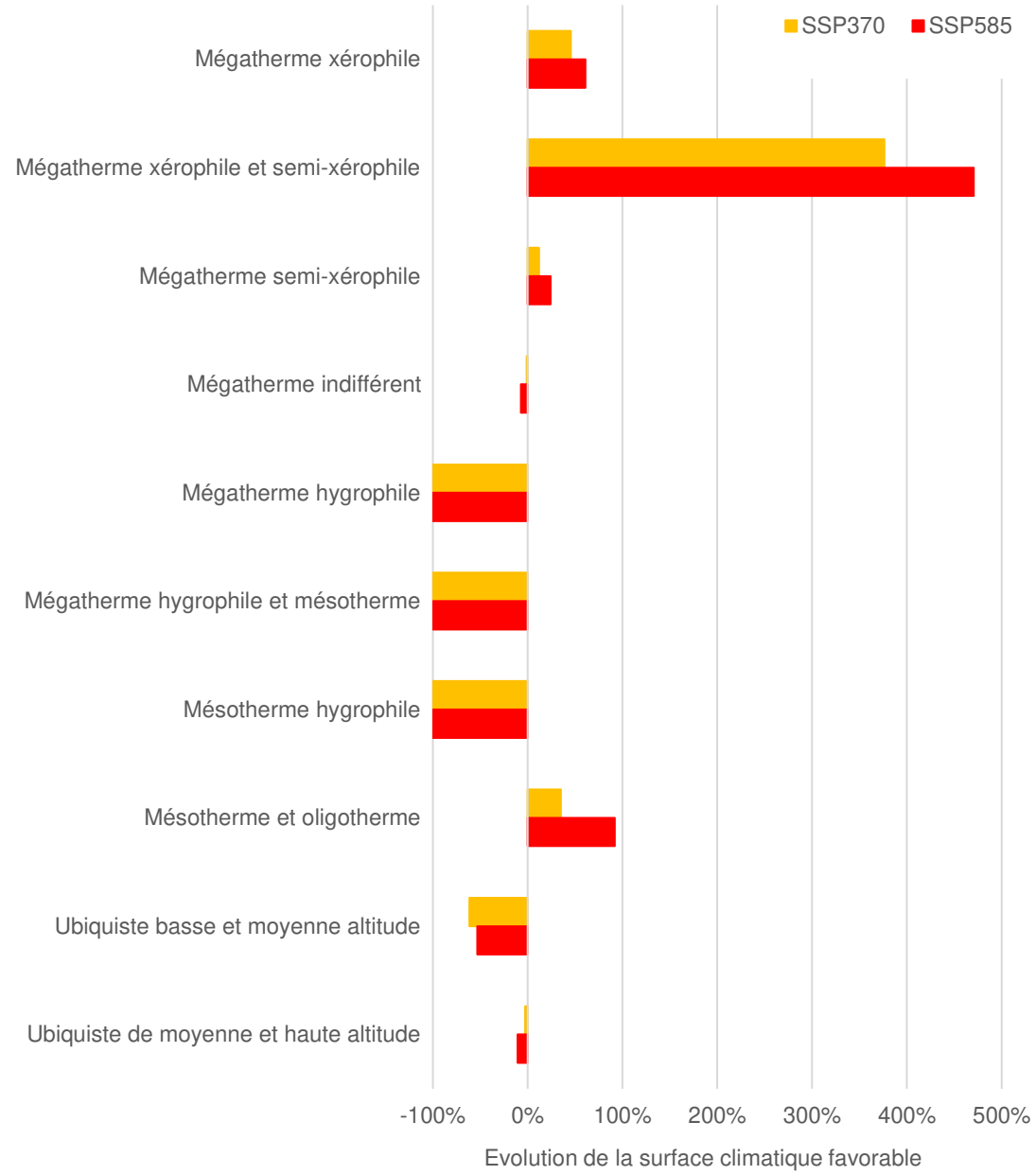


Figure 19 : Evolution de l'aire climatique favorable des groupes écologiques d'arbres de La Réunion à l'horizon 2070 selon les scénarios ssp370 (intermédiaire) et ssp585 (pessimiste). La taille de l'aire favorable équivaut au nombre de mailles de 1x1 km² supérieures la probabilité de 0,6 d'aire climatique favorable

ii. La modification de la composition de la végétation à La Réunion

Les modèlisations présentées ci-dessus permettent de prédire une modification générale des aires climatiques favorables pour les groupes écologiques d'arbres de La Réunion. Ceci pourrait engendrer en moins de 50 ans une modification profonde de la composition des forêts.

A l'horizon 2070, les espèces largement répandues à La Réunion (ubiquistes et mégathermes indifférents) pourraient constituer la base des forêts naturelles. Elles pourraient même devenir les seules à se maintenir dans les forêts hygrophiles, car les groupes écologiques « hygrophiles » verraient leurs conditions favorables disparaître. Cependant, des incertitudes demeurent sur le devenir de la végétation naturelle réunionaise. Les modèles prédisent surtout l'apparition de conditions semi-xériques dans certaines zones de l'Est (Salazie) et du Sud (Saint-Joseph). Les conditions ne semblent guère évoluer pour les zones à l'extrème sud-est de l'île (Saint-Philippe).

Par ailleurs, la figure 2 indique une homogénéisation des conditions sèches dans la zone Ouest de l'île d'ici 2070. Or, cette zone présente actuellement une diversité de microclimats qui permet l'émergence d'une diversité de milieux naturels imbriqués entre eux (Figure 13). Ce changement brutal risque de mener à l'extinction de nombreuses espèces végétales confinées actuellement à de fines bandes altitudinales, et à terme à réduire sensiblement le nombre d'espèces indigènes composant actuellement la végétation et les forêts naturelles de La Réunion.

IV. Discussion

a. Quels sont les arbres indigènes à La Réunion les plus vulnérables au changement climatique ?

Les processus évolutifs en territoire insulaire ont mené a créer toute la singularité de la végétation de La Réunion (Cadet, 1980 ; Strasberg, 1994; Albert, 2020). Cette végétation, constituée majoritairement de forêts tropicales, est structurée par une diversité d'espèces d'arbres présentant de forts enjeux de conservation. Parmi les 110 espèces analysées par cette étude, 80% sont endémiques des Mascareignes, 40 % sont menacées d'extinction (UICN, 2023) et 40 % protégées par arrêté ministériel. Ces espèces représentent d'autant plus d'enjeux qu'elles sous-tendent des services écosystémiques essentiels pour la société.

Cette étude a mis en évidence le lien étroit entre la répartition de ces espèces et les variations climatiques (Figure 13). Ce lien fort, cette adaptation très précise aux conditions locales, a pour corollaire une certaine vulnérabilité face aux changements environnementaux. Dans ce contexte, les conditions climatiques inédites que risque d'expérimenter La Réunion dans un futur proche (Leroux et al., 2022) pourraient engendrer une recomposition générale de la végétation.

Pour la première fois, des prédictions permettent d'avoir une représentation potentielle du futur des arbres indigènes de La Réunion (Figures 15, 16, 17 et Annexe 3). Croisées avec des données bibliographiques et les connaissances des experts (Fourcade et al., 2013), ces prédictions ont permis l'identification des espèces les plus menacées par le changement climatique à La Réunion. La figure ci-dessous schématise la réflexion qui a mené à évaluer la menace que représente le changement climatique pour chaque espèce d'arbre.

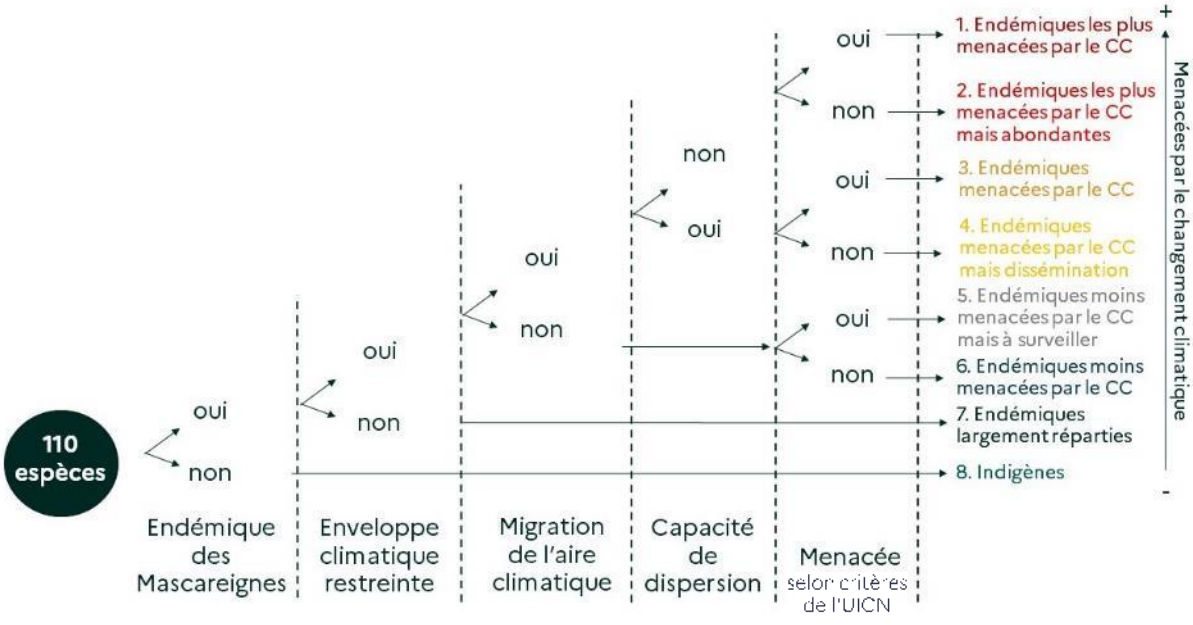


Figure 20 : Arbre de décision utilisé pour déterminer les espèces d'arbres indigènes les plus vulnérables au changement climatique (CC) à La Réunion

Tout d'abord, le changement climatique représente une menace plus importante pour les 90 espèces d'arbres endémiques de La Réunion et des Mascareignes que pour les 20 espèces indigènes d'arbres restant possédant une plus vaste aire de répartition mondiale. Ces dernières ont en effet plus de potentialités d'adaptation face au changement climatique (Arrhenius, 1921).

Pour les mêmes raisons, les arbres endémiques encore largement répandus à La Réunion sont moins menacés par le changement climatique que les espèces inféodées à une enveloppe climatique restreinte. Les espèces ubiquistes seraient même les mieux adaptées aux futurs changements environnementaux. D'après Albert (2020), ces espèces, par leur dissémination plus efficace, se sont progressivement adaptées à un éventail de conditions différentes. Ce schéma pourrait se répéter dans le cadre du changement climatique. Néanmoins, la topographie variée de La Réunion est propice à la formation de phénomènes de micro-refuges (Harter et al., 2015). Ils pourraient offrir des chances de survie aux espèces cloisonnées à des aires climatiques bien spécifiques.

47 espèces d'arbres endémiques verraient leur aire climatique favorable potentiellement disparaître à l'horizon 2070 à La Réunion. Ce sont les espèces les plus menacées par le changement climatique. Il s'agit des espèces appartenant aux groupes écologiques hygrophiles (Figures 17 et 19). Ces résultats rejoignent ceux de plusieurs études qui indiquent les espèces inféodées aux forêts tropicales humides sont les plus gravement menacées par le bouleversement du régime hydrique.

Par exemple, 70 % de la forêt tropicale humide de montagne pourrait disparaître à l'horizon 2080 au Mexique (Ponce-Reyes et al., 2012). À Hawaii, Loope (1998) estime que ce serait l'écosystème le plus sensible au changement climatique. À Tahiti, cet habitat se retrouverait gravement fragmenté (Pouteau et al., 2015). En effet, cet écosystème est tributaire du couvert nuageux qui lui permet de garder une humidité ambiante constante, ce qui déterminant en saison sèche. Une remontée du couvert nuageux est attendue avec le changement climatique (Foster, 2001). Ce phénomène suffirait à complètement modifier la composition végétale de ces forêts (Still et al., 1999).

De même, les études s'accordent à montrer que les surfaces couvertes par les forêts tropicales humides pourraient chuter à court terme à Bornéo (Van Nieuwstadt and Sheil, 2005), en Amazonie (Phillips et al., 2009) et en Amérique centrale (Lyra et al., 2017). Adaptées aux températures et précipitations constantes, ces forêts expérimentent à La Réunion de courtes saisons de sécheresse à la fin de l'hiver. Mais le manque d'eau reste leur principal facteur limitant (Cadet, 1980). Dans le futur, la modification globale du cycle de l'eau pourrait engendrer une grande variabilité des précipitations, ce qui impacterait directement la pérennité des espèces inféodées aux forêts tropicales humides qui tolèrent difficilement ces variations (Cusack et al., 2016).

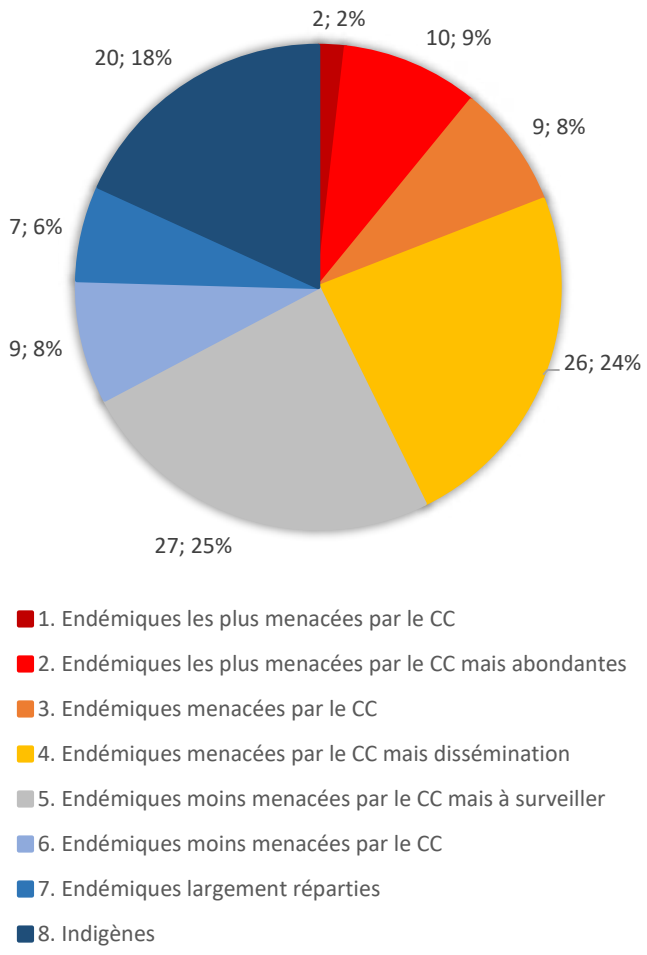
D'autre part, la dissémination des graines est une composante déterminante pour l'adaptation des forêts au changement climatique. Les espèces d'arbres qui ne sont plus dispersées naturellement sont particulièrement menacées par le changement climatique, d'autant plus lorsque celles-ci verraient leur aire climatique être modifiée. En effet, la majorité des arbres présents uniquement en dessous de 1000 m d'altitude produisent des fruits charnus qui étaient dispersés par des animaux frugivores aujourd'hui disparus : Tortue géante (*Cylindraspis indica*), Roussette (*Pteropus niger*), Perruche verte des Mascareignes (*Psittacula eques*), ... (Albert, 2020). La disparition de ces vecteurs de dispersion a entrainé un blocage de la dynamique de régénération pour de nombreuses espèces arborées. Dans ce contexte, le changement climatique instaure un paradoxe : les arbres de moyenne et haute altitude ont encore la capacité de se disperser mais vont voir leurs conditions favorables disparaître (étage mésotherme) ; à contrario, les arbres des zones sèches des bas de l'Ouest ne pourront pas coloniser les territoires nouvellement favorables car ils ne sont plus en capacité de se disperser.

Pour finir, une des conséquences directes du changement climatique est la vulnérabilité accrue des espèces aujourd'hui menacées (Bellard et al., 2014 ; Pouteau & Birnbaum, 2016). À La Réunion, près de 42% des espèces d'arbres sont aujourd'hui menacées par les espèces exotiques envahissantes et la destruction de leur habitat (Amy et al., 2023). Par leur faible nombre d'individus et leur isolement, ces espèces se trouvent particulièrement sensibles au moindre changement environnemental. C'est le cas pour la majorité des espèces de basse altitude, surtout de la zone sèche, dont les forêts naturelles ont vu leur aire de répartition

originelle drastiquement diminuée et fragmentée (Strasberg, 2005).

Au total, cette étude montre que 47 espèces d'arbres sont directement menacées par le changement climatique à La Réunion (Figure 21). Attention, le changement climatique n'est pas la seule menace qui pèse sur les arbres indigènes. Les invasions biologiques et les ravageurs représentent de sérieuses menaces dont les effets risquent d'être amplifiés avec le changement climatique.

Figure 21 : Nombre d'espèces d'arbres indigènes et endémiques de la Réunion en fonction niveau de vulnérabilité au changement climatique (CC)



1. Endémiques les plus menacées par le changement climatique

Nom scientifique	Endémicité	Groupe écologique	Menace UICN	Protégée
Hernandia mascarenensis	Réunion/Maurice	Mégatherme hygrophile	CR	oui
Syzygium borbonicum	Réunion	Mégatherme hygrophile	VU	oui

D'après notre étude, les espèces de ce groupe sont les plus menacées d'extinction par le changement climatique à La Réunion. Il s'agit de deux espèces inféodées à la forêt mégatherme humide, qui, de par leurs gros fruits charnus, ont perdu leur capacité actuelle de dissémination suite à la disparition de leurs disperseurs naturels présents avant l'arrivée de l'Homme. Le Bois blanc (Hernandia mascarenensis) est un arbre devenu rarissime avec moins de 50 individus adultes recensés sur l'île. Des plantules parviennent à pousser sous les semenciers, mais finissent par mourir faute de conditions de luminosité suffisante et de l'attaque d'un scolyte (Xylosandrus compactus). Le Bois de pomme blanc (Syzygium borbonicum), endémique de La Réunion, est quand à lui encore commun dans les rares reliques bien conservées de forêts humides de basse altitude. Il faudra suivre attentivement les effets du changement climatique sur cette espèce structurante de la forêt mégatherme hygrophile.

Bois blanc (Hernandia mascarenensis)

Bois de pomme blanc (Syzygium borbonicum)

2. Endémiques les plus menacées par le changement climatique, mais qui sont encore abondantes

Nom scientifique	Endémicité	Groupe écologique	Menace UICN	Protégée
Calophyllum tacamahaca	Réunion/ Maurice	Mégatherme hygrophile	NT	
Eugenia bosseri		Mégatherme hygrophile	NT	oui
Ficus lateriflora	Réunion/Maurice	Mégatherme hygrophile	LC	
Labourdonnaisia calophylloides	Réunion/Maurice	Mégatherme hygrophile	LC	
Noronhia broomeana	Réunion/Maurice	Mégatherme hygrophile	LC	oui
Pandanus purpurascens	Réunion	Mégatherme hygrophile	LC	
Syzygium cordemoyi	Réunion	Mégatherme hygrophile	LC	
Maillardia borbonica	Réunion	Mégatherme hygrophile et mésotherme	LC	
Pandanus montanus	Réunion	Mégatherme hygrophile et mésotherme	LC	
Syzygium cymosum	Réunion/Maurice	Mégatherme hygrophile et mésotherme	LC	

Ce groupe rassemble des espèces endémiques d'arbres endémiques inféodées aux forêts humides de l'île qui ont également des capacités de dispersion limitées mais qui sont encore relativement communes dans les reliques de forêts les mieux conservées. Situées surtout à basse altitude où la raréfaction et la fragmentation des habitats est importante, ces espèces sont condamnées aujourd'hui à survivre dans un espace très restreint, qui pourrait subir de plein fouet l'effet du changement climatique, d'où l'importance de leur suivi et d'assurer leur dispersion

Petit natte (Labourdonnaisia callophylloides)

Bois de pomme rouge (Syzygium cymosum)

Pandanus purpurascens

3. Endémiques rares menacées par changement climatique mais dispersion possible

Nom scientifique	Endémicité	Groupe écologique	Menace UICN	Protégée
Badula nitida	Réunion	Mégatherme hygrophile	VU	oui
Dombeya blattiolens	Réunion	Mégatherme hygrophile	VU	oui
Polyscias aemiliguineae	Réunion	Mégatherme hygrophile	CR	oui
Tournefortia acuminata	Réunion	Mégatherme hygrophile et mésotherme	EN	oui
Badula fragilis	Réunion	Mésotherme hygrophile	EN	oui
Polyscias borbonica	Réunion	Mésotherme hygrophile	EN	oui
Polyscias coriacea	Réunion	Mésotherme hygrophile	VU	
Polyscias sessiliflora	Réunion	Mésotherme hygrophile	EN	oui
Trochetia granulata	Réunion	Mésotherme hygrophile	VU	oui

Ce groupe rassemble des espèces, toutes endémiques de La Réunion et inféodées aux forêts humides de l'île, particulièrement rares dans le milieu naturel. Elles ont encore la capacité de se disperser naturellement, mais souvent les zones favorables pour leur germination et leur développement (trouées par ex.) sont très envahies par des plantes exotiques. C'est le cas, par exemple, du Badula fragilis à Bébour. La rareté et les menaces qui pèsent déjà sur ces espèces les rendent particulièrement vulnérables au changement climatique qui risque de gravement pertuber les forêts humides.

Tournefortia acuminata

Trochetia granulata

4. Endémiques menacées par le changement climatique, mais encore communes et dispersion possible

Nom scientifique	Endémicité	Groupe écologique	Menace UICN	Protégée
Bremeria landia	Réunion/Maurice	Mégatherme hygrophile	LC	
Casearia coriacea	Réunion/Maurice	Mégatherme hygrophile	LC	
Cordemoya integrifolia	Réunion/Maurice	Mégatherme hygrophile	LC	
Grangeria borbonica	Réunion/Maurice	Mégatherme hygrophile	LC	
Hibiscus boryanus	Réunion/Maurice	Mégatherme hygrophile	LC	
Psiloxylon mauritianum	Réunion/Maurice	Mégatherme hygrophile	LC	
Xylopia richardii	Réunion/Maurice	Mégatherme hygrophile	LC	1
Badula barthesia	Réunion	Mégatherme hygrophile et mésotherme	LC	
Claoxylon racemiflorum	Réunion	Mégatherme hygrophile et mésotherme	NT	1
Dombeya ciliata	Réunion	Mégatherme hygrophile et mésotherme	LC	
Dombeya punctata	Réunion	Mégatherme hygrophile et mésotherme	LC	
Geniostoma borbonicum	Réunion/Maurice	Mégatherme hygrophile et mésotherme	LC	
Melicope obtusifolia	Réunion/Maurice	Mégatherme hygrophile et mésotherme	LC	
Polyscias repanda	Réunion	Mégatherme hygrophile et mésotherme	LC	
Tambourissa elliptica	Réunion	Mégatherme hygrophile et mésotherme	LC	
Weinmannia tinctoria	Réunion/Maurice	Mégatherme hygrophile et mésotherme	LC	
Claoxylon glandulosum	Réunion	Mésotherme hygrophile	LC	
Dombeya elegans	Réunion	Mésotherme hygrophile	LC	1
Dombeya ficulnea	Réunion	Mésotherme hygrophile	LC	
Dombeya pilosa	Réunion	Mésotherme hygrophile	LC	
Dombeya reclinata	Réunion	Mésotherme hygrophile	LC	
Monimia amplexicaulis	Réunion	Mésotherme hygrophile	LC	
Monimia ovalifolia	Réunion/Maurice	Mésotherme hygrophile	LC	
Monimia rotundifolia	Réunion	Mésotherme hygrophile	LC	
Polyscias bernieri	Réunion	Mésotherme hygrophile	NT	1
Tambourissa crassa	Réunion	Mésotherme hygrophile	NT	1

Ce groupe rassemble des espèces caractéristiques des forêts humides de l'île et pour la plupart encore très communes. Si ces espèces venaient à dépérir massivement, cela pourrait avoir de forts impacts sur la résilience des forêts humides à La Réunion, en favorisant la création de trouées qui profitent généralement aux plantes invasives. En matière de conservation, leur meilleure capacité de dispersion et de régénération naturelle, ainsi que leur abondance, les rendent cependant théoriquement moins vulnérables que les espèces des groupes précédents.

Mahot blanc (Dombeya pilosa)

Mahot rouge (Dombeya reclinata)

Bois de savon (Badula barthesia)

Tan rouge (Weinmannia tinctoria)

Bois de pêche marron (Psiloxylon mauritianum)

5. Endémiques rares moins menacées par le changement climatique mais à surveiller

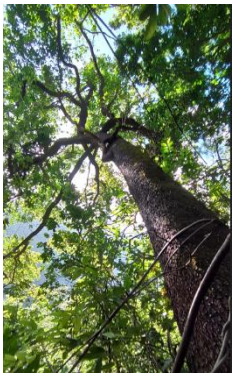
Nom scientifique	Endémicité	Groupe écologique	Menace UICN	Protégée
Fernelia buxifolia	Réunion/Maurice/Rodrigues	Mégatherme xérophile	EN	oui
Foetidia mauritiana	Réunion/Maurice	Mégatherme xérophile	CR	oui
Ruizia cordata	Réunion	Mégatherme xérophile	CR	oui
Tabernaemontana persicariifolia	Réunion/Maurice	Mégatherme xérophile	CR	oui
Coptosperma borbonicum	Réunion/Maurice	Mégatherme xérophile et semi-xérophile	EN	oui
Croton mauritianus	Réunion	Mégatherme xérophile et semi-xérophile	CR	oui
Erythroxylum hypericifolium	Réunion/Maurice	Mégatherme xérophile et semi-xérophile	VU	oui
Hibiscus columnaris	Réunion/Maurice	Mégatherme xérophile et semi-xérophile	CR	oui
Poupartia borbonica	Réunion/Maurice	Mégatherme xérophile et semi-xérophile	CR	oui
Ruizia populnea	Réunion/Maurice	Mégatherme xérophile et semi-xérophile	CR	oui
Scolopia heterophylla	Réunion/Maurice/Rodrigues	Mégatherme xérophile et semi-xérophile	EN	oui
Terminalia bentzoe	Réunion/Maurice/Rodrigues	Mégatherme xérophile et semi-xérophile	CR	oui
Ceodes lanceolata	Réunion/Maurice	Mégatherme semi-xérophile	CR	oui
Dombeya delislei	Réunion	Mégatherme semi-xérophile	EN	oui
Dombeya umbellata	Réunion	Mégatherme semi-xérophile	EN	oui
Indigofera ammoxylum	Réunion	Mégatherme semi-xérophile	CR	oui
Polyscias rivalsii	Réunion	Mégatherme semi-xérophile	CR	oui
Diospyros borbonica	Réunion	Mégatherme indifférent	EN	oui
Drypetes caustica	Réunion/Maurice	Mégatherme indifférent	EN	oui
Eugenia mespiloides	Réunion	Mégatherme indifférent	VU	oui
Obetia ficifolia	Réunion/Maurice/Rodrigues	Mégatherme indifférent	EN	oui
Ochrosia borbonica	Réunion/Maurice	Mégatherme indifférent	VU	oui
Olax psittacorum	Réunion/Maurice	Mégatherme indifférent	VU	
Polyscias cutispongia	Réunion	Mégatherme indifférent	EN	oui
Sideroxylon majus	Réunion	Mégatherme indifférent	EN	oui
Zanthoxylum heterophyllum	Réunion/Maurice/Rodrigues	Mégatherme indifférent	EN	oui
Sophora denudata	Réunion	Mésotherme et oligotherme	EN	oui

Ce groupe rassemble un grand nombre d'espèces endémiques déjà fortement menacées d'extinction à La Réunion. Cependant, elles seraient moins affectées par le changement climatique, voyant au contraire leur aire climatique favorable s'étendre. Mais la plupart des espèces rares de ce groupe connaissent des problèmes de reproduction (beaucoup d'espèces dioïques) et de dispersion/régénération naturelle liés à la perte de leurs disséminateurs naturels. Sans l'aide de l'Homme, leur dispersion dans les nouvelles zones qui deviendraient favorables semblent compromises. La conservation des espèces, ou des individus, vivant dans les zones les plus sèches de l'île constitue un enjeu capital pour les défis climatiques à venir et les projets de reboisements associés. Par ailleurs, ces espèces seront soumises à des températures de plus en plus chaudes avec certainement des plus longues périodes de sécheresse : il faut donc assurer un suivi particulier de ces espèces et encourager des actions de conservations in-situ et ex-situ de ces espècesla récolte de leurs semences pour alimenter des banques de semences ou des projets de conservation ex situ ou in-situ pour augmenter le nombre de semenciers sur l'île.

(Remarque : le Petit tamarin des Hauts (Sophora denudata) intègre ce groupe car la plus grosse partie de sa population est présente dans la zone éricoïde qui devrait en théorie être moins affectée par le changement climatique).

Bois de tisane rouge
Scolopia heterophylla

Bois de fer
(Sideroxylon majus)



Benjoin (Terminalia bentzoe)

Bois de lait
(Tabernaemontana persicariifolia)

Bois de senteur blanc
(Ruizia cordata)

Mahot rempart
(Hibiscus columnaris

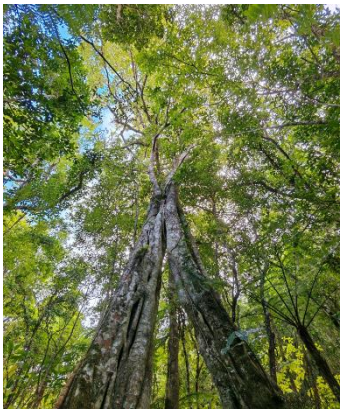
Bois puant
(Foetidia mauritiana)

Petit tamarin des Hauts
(Sophora denudata)

6. Endémiques moins menacées d'extinction par le changement climatique car large répartition

Nom scientifique	Endémicité	Groupe écologique	Menace UICN	Protégée
Pleurostylia pachyphloea	Réunion	Mégatherme xérophile et semi-xérophile	LC	
Cossinia pinnata	Réunion/Maurice	Mégatherme semi-xérophile	LC	
Pandanus sylvestris	Réunion	Mégatherme semi-xérophile	LC	
Elaeodendron orientale	Réunion/Maurice/Rodrigues	Mégatherme indifférent	LC	
Ficus densifolia	Réunion/Maurice	Mégatherme indifférent	LC	
Ficus mauritiana	Réunion/Maurice	Mégatherme indifférent	LC	
Homalium paniculatum	Réunion/Maurice	Mégatherme indifférent	LC	
Mimusops balata	Réunion/Maurice	Mégatherme indifférent	LC	
Acacia heterophylla	Réunion	Mésotherme et oligotherme	LC	

Les espèces de ce groupe occupent une assez large gamme d'habitats forestiers de l'île et sont encore présentes sur de vastes surfaces. A long terme, leur survie semble donc moins menacée par le changement climatique, même si elles pourraient disparaître des endroits devenus les moins favorables pour elles. Elles pourraient ainsi constituer de bons indicateurs locaux pour le suivi de l'effet du changement climatique. Par exemple le Tamarin des hauts subit actuellement d'importants dépérissements dans les zones les plus sèches, en lien avec l'invasion d'un Psylle exotique qui a un fort impact a priori les années les plus sèches.



Grand Affouche
(Ficus densifolia)

Tamarin des Hauts
(Acacia heterophylla)

7. Endémiques très largement réparties

Nom scientifique	Endémicité	Groupe écologique	Menace UICN	Protégée
Allophylus borbonicus	Réunion/Maurice/Rodrigues	Ubiquiste basse et moyenne altitude	LC	
Eugenia buxifolia	Réunion	Ubiquiste basse et moyenne altitude	LC	
Molinaea alternifolia	Réunion/Maurice	Ubiquiste basse et moyenne altitude	LC	
Nuxia verticillata	Réunion/Maurice	Ubiquiste basse et moyenne altitude	LC	
Ocotea obtusata	Réunion/Maurice	Ubiquiste basse et moyenne altitude	LC	
Sideroxylon borbonicum	Réunion	Ubiquiste basse et moyenne altitude	LC	
Erica reunionensis	Réunion	Ubiquiste moyenne et haute altitude	LC	

Ce groupe rassemble des espèces endémiques d'arbres les plus communes à La Réunion, qui occupent de manière ubiquiste, une large gamme d'habitats forestiers et de conditions climatiques. Elles devraient être les moins menacées d'extinction par le changement climatique à venir à La Réunion., arrivant de surcroît à bien se disperser et se régénérer naturellement.

Sideroxylon borbonicum (Bois de fer bâtard)

Bois de nèfles (Eugenia buxifolia)

Bois maigre (Nuxia verticillata)

8. Indigènes

Nom scientifique	Groupe écologique	Menace UICN	Protégée
Heritiera littoralis	Littorale xérophile	CR	
Talipariti tiliaceum	Littorale xérophile	EN	oui
Thespesia populneoides	Littorale xérophile	CR	oui
Morinda citrifolia	Littorale indifférent	LC	
Pandanus utilis	Littorale hygrophile	LC	
Stillingia lineata	Mégatherme xérophile	CR	oui
Olea europaea	Mégatherme xérophile et semi-xérophile	LC	
Securinega durissima	Mégatherme xérophile et semi-xérophile	LC	
Vepris lanceolata	Mégatherme xérophile et semi-xérophile	EN	
Apodytes dimidiata	Mégatherme indifférent	VU	
Ficus reflexa	Mégatherme indifférent	LC	
Ficus rubra	Mégatherme indifférent	LC	
Olea lancea	Mégatherme indifférent	LC	
Agarista salicifolia	Ubiquiste basse et moyenne altitude	LC	
Antidesma madagascariense	Ubiquiste basse et moyenne altitude	LC	
Antirhea borbonica	Ubiquiste basse et moyenne altitude	LC	
Aphloia theiformis	Ubiquiste basse et moyenne altitude	LC	
Doratoxylon apetalum	Ubiquiste basse et moyenne altitude	LC	
Dracaena reflexa	Ubiquiste basse et moyenne altitude	LC	
Hypericum lanceolatum	Ubiquiste moyenne et haute altitude	LC	

Ce groupe rassemble toutes les espèces « indigènes », c'est-à-dire qui ne sont pas endémiques de La Réunion ou de l'archipel des Mascareignes si l'on compare avec les espèces listées dans les groupes précédents. De par leur plus vaste répartition mondiale, leur survie ne dépend pas uniquement des changements climatiques qui affecteront La Réunion. Par ailleurs, il s'agit pour la plupart d'espèces encore très communes à La Réunion, aux capacités élevées de dispersion et de régénération naturelle.

Change écorce (Aphloia theiformis)

Bois de rempart (Agarista salicifolia)

Bois d'Olive (Olea europea var. cuspida)

b. Quelles stratégies d'adaptation possibles à adopter en commun ?

La forêt est essentielle pour la société pour les multiples services qu'elle rend et ce d'autant plus dans le contexte de défi climatique actuel. En effet, elle constitue un levier d'atténuation reconnu, grâce au stockage de carbone et à l'effet de substitution induit par l'utilisation du bois.

A La Réunion, les forêts constituent un véritable « château d'eau », un rempart contre l'érosion, qui connait des records mondiaux, une « pharmacie » ancestrale et un capital écotouristique important pour le développement économique actuel de l'île. La très grande majorité de ces forêts est d'origine naturelle (66 00 hectares) – ce qui leur confère cet attrait touristique, mais aussi leur grande valeur patrimoniale et sociétale - et se composent des différentes espèces indigènes d'arbres traitées dans cette étude. Leur préservation dans leur milieu naturel constitue un enjeu de taille pour la société réunionnaise. Il est important de préciser, par ailleurs, que certaines espèces d'arbres indigènes font l'objet de sylviculture (sur près de 2600 hectares (Tamarin des hauts et Bois de couleurs des bas) pour permettent de fournir aux artisans de l'île des bois endémiques de grande valeur.

Selon les résultats de cette étude, les forêts réunionnaises pourraient considérablement évoluer à l'horizon 2070. La capacité de dispersion des espèces apparait comme la variable déterminante pour l'adaptabilité des forêts. Elle instaure un paradoxe : beaucoup d'espèces des basses altitudes ne pourront pas coloniser les nouveaux territoires favorables car elles ne sont plus disséminées naturellement ; tandis que d'autres espèces, aujourd'hui non menacées et pouvant se disséminer (les espèces entre 1000 et 2000 m), vont disparaître à cause de la disparition de climat favorable.

Conformément à la feuille de route fixée pour les forêts face aux changements climatiques (MAA, 2020) et à la lumière de cette étude, il apparait nécessaire d'agir dès à présent à La Réunion pour des forêts résilientes et la sauvegarde des arbres les plus menacés en anticipant les effets futurs du changement climatique et en agissant ensemble. Il existe à La Réunion un enjeu particulier de conservation de la biodiversité, avec ce nombre très élevé d'arbres endémiques, dont dépendent par ailleurs la survie de nombreuses autres espèces endémiques, qui ont co-évolué ensemble.

Cette feuille de route nationale définit plusieurs priorités d'actions pour l'adaptation des forêts face au changement climatique, qui sont synthétisées ci-après par grands axes stratégiques. Elle pourrait aider à bâtir collectivement une stratégie d'actions spécifiques à La Réunion, pour être à la hauteur des enjeux imposés par le changement climatique à venir.

Dans un contexte d'incertitudes importantes, les propriétaires, gestionnaires, élus et citoyens ont besoin d'orientations pour éclairer au mieux les décisions et minimiser la prise de risque (axe 1). Des efforts importants d'acquisition de connaissances et d'expérimentation sont nécessaires, et doivent être soutenus dans la durée pour s'adapter au temps long qui caractérise la dynamique forestière et la longévité des arbres et pour la bonne compréhension des phénomènes associés au changement climatique. Les attentes sont fortes sur les résultats issus de la recherche et développement dont les acteurs doivent mutualiser les efforts dans une dynamique commune.

1 Développer la coopération scientifique et les connaissances sur les forêts et l'effet induit par le changement climatique

- ***Pérenniser, développer et adapter les dispositifs d'observation à long terme du fonctionnement des écosystèmes forestiers.*** *L'inventaire forestier national n'étant pas mis en œuvre à La Réunion pour décrire et suivre les forêts publiques et privées, il est capital de disposer, malgré tout sur l'île, de dispositifs pérennes d'observation (placettes permanentes) dans les principaux types de forêts naturelles et cultivées de l'île. Les suivis utilisant la méthode nationale DEPERIS pour suivre dans le temps les dépérissements en forêt doivent être développés et adaptés aux forêts naturelles et tropicales. L'impact du changement climatique sur la diversité des arbres en forêt doit être étudié, et d'une manière plus globale sur la biodiversité des forêts.*

- ***Développer la R&D sur les arbres indigènes et endémiques,*** *sur leur utilisation en plantation, leur reproduction en pépinières, test de semis à la volée, leur survie et comportement en interaction dans les opérations de reconstitution écologique et dans des plantations à but de production de bois d'œuvre et de diversification... Pour le suivi des forêts, des nouveaux outils et leviers numériques (LIDAR, télédétection,...) sont à développer également.*

- ***Renforcer les études en sciences humaines, économiques et sociales*** *pour mieux intégrer les perceptions sociétales lors de la conception et de la mise en œuvre des politiques d'adaptation ; comprendre et lever les freins à l'action d'adaptation, comprendre et analyser la demande sociétale, accompagner la prise de décision en situation d'incertitude.*

- ***Développer et mutualiser les réseaux expérimentations*** *de nouvelles pratiques de gestion et d'organisation, réaliser des retours d'expérience des actions d'adaption mises en œuvre dans différents contextes*

- ***Structurer des partenariats à l'échelle des Mascareignes et de l'océan Indien, mais aussi au niveau national et mondial*** *pour bénéficier des diagnostics réalisés et des expériences acquises*

Pour s'engager dans une démarche proactive en faveur de l'adaptation des forêts au changement climatique, les propriétaires et gestionnaires forestiers doivent s'approprier l'ensemble des éléments disponibles pour les aider dans leur prise de décision (axe 2). À partir de ces éléments, ils seront en mesure de mettre en œuvre les pratiques de gestion préconisées pour augmenter la résilience des forêts et assurer la sauvegarde de la biodiversité (axe 3).

2 Diffuser et s'approprier les connaissances acquises, développer et centraliser les outils de diagnostic et d'aide à la décision

- ***Rendre accessibles les données et les résultats*** *des réseaux d'expérimentation aux propriétaires, gestionnaires, élus et à la société pour qu'ils se les approprient.*

- ***Dresser une cartographie des outils existants*** *(dont les services climatiques), finaliser et déployer les outils de diagnostic en cours de développement, identifier et développer les outils manquants.* ***Mettre à disposition une boîte à outils*** *(plateforme opérationnelle et centralisée) qui regroupe les ressources permettant aux conseillers, élus, gestionnaires et propriétaires de scénariser des possibles, d'évaluer les risques et de prendre des décisions opérationnelles.*

- ***Former les acteurs concernés à leur utilisation.*** *Former les acteurs et les nouvelles générations aux problématiques liées au changement climatique, dont celle de l'adaptation.*

- ***Construire et mettre à disposition des indicateurs d'alerte climatiques et sanitaires*** *permettant aux propriétaires forestiers et aux opérateurs forestiers (entrepreneurs de travaux forestiers, gestionnaires, ...) d'être réactifs*

3 Promouvoir les pratiques sylvicoles et de gestion qui augmentent la résilience, diminuent les risques et limitent l'impact des crises

- *Renforcer la sensibilisation des gestionnaires sur l'impact du changement climatique attendu sur les forêts et les arbres endémiques, afin de mettre en place des actions communes visant à limiter ces impacts.*
- *Former les gestionnaires, les propriétaires, les élus, les jeunes en formation*
- *Renforcer les actions de sauvegarde des arbres endémiques de La Réunion les plus menacés*
- *Intégrer les pratiques sylvicoles et de plantations favorisant la résilience, notamment de diversification des essences dans les régénérations de peuplement.*
- *Engager la transformation des peuplements vulnérables par transfert de provenances (enrichissement ou migration de provenances) et par changement progressif d'essences (migration d'essences)*

Afin d'être plus réactifs face aux crises, il est essentiel d'être en capacité de pouvoir les détecter et les suivre et ce notamment grâce à un réseau de suivi structuré et continu sur le territoire (axe 4). Collectivement, les acteurs concernés par la crise doivent être en mesure de s'organiser pour mettre en place des dispositifs de prévention et de lutte, notamment contre les incendies (axe 5). Cette organisation nécessite une coordination efficace à l'échelle régionale.

4 Mettre en place une veille et un suivi sanitaire, organiser la gestion de crises

- *Mettre en place à La Réunion un réseau équivalent au réseau Santé des Forêts, pilier de la veille climatique et sanitaire pour les forêts françaises hexagonales. L'objectif est d'arriver à une détection précoce organisée à l'échelle régionale des nouveaux ravageurs et pathogénes affectant les arbres indigènes et endémiques de La Réunion, à l'instar de ce qui se fait déjà dans le monde agricole. Pour l'instant il n'existe aucun dispositif de suivi et d'alerte, malgré les forts enjeux existants en matière de biodiversité.*
- *Mettre en place une organisation collective de veille et de gestion de crise à différentes échelles de décision.*
- *Mettre en place et financer un dispositif d'aide permanent à la reconstitution des peuplements sinistrés par les crises.*
- *Renforcer les mesures de contrôle aux frontières, pour limiter l'introduction de nouveaux pathogènes pouvant affecter les écosystèmes forestiers de La Réunion*

5 Renforcer et étendre les dispositifs de prévention et de lutte contre les risques abiotiques, et notamment la défense contre les incendies (DFCI)

- *Identifier les espèces d'arbres endémiques les plus susceptibles d'être exposées aux incendies*
- *Conduire une évaluation de l'aléa et du risque incendie actuel et futur en mobilisant notamment les données disponibles sur le climat*
- *Conforter le dispositif DFCI dans les régions actuellement exposées et le développer dans celles qui pourraient le devenir pour tenir compte de l'augmentation prévisionnelle des aléas incendies et de l'extension des zones exposées. Développer des actions de prévention et de sensibilisation au risque incendie sur des régions nouvellement exposées et vulnérables aux feux de forêts.*
- *Équiper et moderniser les moyens de lutte*

L'accompagnement de la migration des provenances et des espèces et la transformation des peuplements résulteront en une forte croissance des besoins en matière de récolte de graines, de vergers à graines, d'élevage de plants et de chantiers de plantation. Les acteurs de la filière doivent disposer d'une visibilité pluriannuelle sur les activités qui peuvent être programmées, ce qui nécessite une anticipation large des besoins et attentes futurs (axe 6). En corollaire, une montée en performance et adaptation des outils de production sera rendue nécessaire. Elle sera orientée par les résultats de travaux de R&D, en cours ou à initier, et accompagnée financièrement par les dispositifs ad hoc d'aides publiques existants ou à définir.

6 Préparer et accompagner l'adaptation de la filière pour être en mesure de préparer les ressources forestières futures

- *Renforcer les capacités de récoltes et de production de matériels forestiers de reproduction pour répondre aux besoins de reconstitution, d'enrichissement ou de transformation des peuplements*
- *Renforcer les capacités de récoltes et de production de matériels forestiers de reproduction pour assurer la conservation des espèces endémiques d'arbres menacées*
- *Sécuriser la chaîne de production de plants et de plantation, en définissant des contrats de culture*
- *Accompagner et encourager l'investissement des entreprises de la filière amont pour l'adaptation au changement climatique via des mécanismes financiers (appels à projets, prêts, etc.).*

Les grands défis à venir pour assurer la pérennité des forêts réunionnaises et la sauvegarde des espèces d'arbres les plus menacées face au changement climatique ne peuvent être relevés que collectivement. Il est donc primordial d'engager un processus de concertation renforcée permettant la recherche d'un consensus sociétal. L'acceptation des acteurs des territoires, l'implication des élus et la concertation lorsque les enjeux territoriaux le requièrent, faciliteront la mise en œuvre des actions jugées comme prioritaires (axe 7)

7 Renforcer le dialogue et la concertation, développer l'animation et la médiation entre acteurs au sein des territoires

- *Renforcer les espaces d'échanges et encourager la mise en place de nouvelles démarches de dialogue et concertation autour des solutions d'adaptation entre les acteurs (propriétaires, professionnels, élus, citoyens, associations, ...) à l'échelle territoriale, en veillant à intégrer d'autres enjeux (atténuation, biodiversité, gestion des risques, etc.)*
- *Élargir et structurer un réseau d'animateurs forestiers et de gestionnaires locaux (agents ONF, Parc National, associations,...) pour transférer et diffuser les connaissances sur le changement climatique, pour la recherche commune de solutions, et pour accompagner le développement de projets territoriaux concertés.*

V. Remerciements

Nous tenons à remercier vivement les personnes ressources qui nous ont appuyé dans la méthodologie. Un grand merci à Nicolas Dubos, Kevin Lamy, Thomas Villiers et Robin Pouteau.

Un grand merci également à Benoît Loussier, Stéphane Defranoux, Camille Vincendeau, Jean Prévost et Pascal Reynaud pour leurs corrections et contributions.

Nous remercions également le World Climate Research Programme, qui coordonne le CMIP6 et qui produit des cartes climatiques gratuites et open-source.

VI. Bibliographie

ALBERT S. 2020. Rupture des interactions mutualistes plantes à fruits charnus-vertébrés frugivores, et conséquences sur la régénération des forêts tropicales dans les Mascareignes. Biodiversité et Ecologie. Université de la Réunion, 2020. Français.

AMY É., PICOT F., LACOSTE M., HOARAU H., BLIN R., BOULLET V., DUPONT J., FERARD J., FONTAINE C., LAVERGNE C., LAVERGNE V., PAILLER T., ROUSSEAU F., TAMON J.-M., TRIOLO J., VANDESCHRICKE F., JEUSSET A., BARAUD L., CADIOU D., VERON S., GIGOT G. & KIRCHNER F. 2023. La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Flore vasculaire de La Réunion – Résultats d'évaluation. UICN Comité français, OFB, MNHN & CBN-CPIE Mascarin.

ARRHENIUS O. 1921. Species and Area. Journal of Ecology, 9(1), 95–99.

BAR-ON Y.M., PHILLIPS R., MILO R. 2018. The biomass distribution on earth. PNAS 115 (25) : 6506–6511

DUPOUEY J-L., BADEAU V.V., WALLERICH M., CLUZEAU C. 2007. Carte phytogéographique des forêts françaises et modélisation de l'impact du changement climatique. Géoflore. Cartographie de la flore, de la végétation et des milieux. May 2007, Nancy, France. n.p.

BEECH E., RIVERS M., OLDFIELD S., SMITH P.P. 2017. GlobalTreeSearch: the first complete global database of tree species and country distributions. J Sustain Forest.

BELLARD C., LECLERC C., LEROY B., BAKKENES M., VELOZ S., THUILLER W. and COURCHAMP F. 2014. Biodiversity hotspots and global change. Global Ecology and Biogeography, 23: 1376-1386.

BONNANO A., REYNAUD B., ROUGET M., GOMARD Y., VINOT M., CUENIN N., BAGNABANA M., MOLINATTI G. 2023. Vers une lutte biologique pour conserver le tamarin des Hauts. Biodiversité, des clés pour agir n°5

BOSSER J., CADET T., GUÉHO J. & MARAIS W. (coord.) 1976-(2005). – Flore des Mascareignes [La Réunion, Maurice, Rodrigues]. 24 vol. parus. Sugar Industry Research Institute (Mauritius), Institut de Recherche pour le Développement (IRD, Paris), Royal Botanic Gardens (Kew).

BOULLET V. (auteur) [BOULLET V. & DIMASSI A. (coord.)] 2020. – Index de la flore vasculaire (Trachéophytes) de Mayotte : statuts, menaces et protections. - Version 2020.2 (mise à jour du 1 décembre 2020). Conservatoire botanique national de Mascarin, Saint-Leu (Réunion), format numérique Excel.

BOYCE M.S., VERNIER P.R., NIELSEN S.E., and SCHMIEGELOW F.K.A. 2002. Evaluating resource selection functions. Ecological Modeling. 157:281-300.

BREIMAN L. 2001. Random Forests. Machine Learning 45, 5–32.

BRESHEARS D.D., FONTAINE J.B., RUTHROF K.X., FIELD J.P., FENG X., BURGER J.R., LAW D.J., KALA J. and HARDY G.E.S.J. 2021. Underappreciated plant vulnerabilities to heat waves. New Phytol, 231: 32-39.

CADET, T. 1980. La végétation de l'île de La Réunion : Etude phytoécologique et phytosociologique. Université d'Aix Marseille, France. Thèse.

CUSACK D. F., KARPMAN J., ASHDOWN D., CAO Q., CIOCHINA M., HALTERMAN S., LYDON S., and NEUPANE A. 2016. Global change effects on humid tropical forests: Evidence for biogeochemical and biodiversity shifts at an ecosystem scale, Rev. Geophys., 54, 523–610

DUBOS N., MONTFORT F., GRINAND C., NOURTIER M., DESO G., PROBST J-M., RAZAFIMANAHAKA J. H., ANDRIANTSIMANARILAFY R. R., RAKOTONDRASOA E. F., RAZAFINDRAIBE P., JENKINS R. & CROTTINI A. 2022a. Are nazzow-ranging species doomes to extinction? Projected dramatic decline in future climate suitability of two highly threatened species. Perspectives in Ecology and Conservation. 20. Pages 18-28.

DUBOS, N., AUGROS, S., DESO, G., PROBST, J.-M., NOTTER, J.-C. AND ROESCH, M.A. 2022b. Here be dragons: important spatial uncertainty driven by climate data in forecasted distribution of an endangered insular reptile. Anim Conserv, 25: 704-717. https://doi.org/10.1111/acv.12775

ELITH J., PHILLIPS S. J., HASTIE T., DUDIK M., CHEE Y. E., and YATES C. J.. 2011. "A Statistical Explanation of Maxent for Ecologists." Diversity and Distributions 17: 43–57.

FAHN A. 1990. Plant anatomy, 4th edn. Pergamon Press, Oxford

FAO. 1998b. FRA 2000: termes et définitions. Document de travail no. 1. Programme d'évaluation des ressources forestières 2000 (FRA 2000). Département des forêts, Rome. 20 p. [document internet disponible sur http://www.fao.org/forestry/fo/fra/index.jsp]

FICK S.E., HIJMANS R.J. 2017. WorldClim 2 : new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology. Published online in Wiley Online Library

FRIEDMAN J. H. 2001. Greedy Function Approximation: A Gradient Boosting Machine. The Annals of Statistics, 29(5), 1189–1232.

FOSTER P. 2001. The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests, Earth-Science Reviews, Volume 55, Issues 1–2, Pages 73-106.

FOURCADE F., ENGLER J.O., BESNARD A.G, RODDER D., SECONDI J. 2013. Confronting expert-based and modelled distributions for species with uncertain conservation status: A case study from the corncrake (Crex crex), Biological Conservation, Volume 167, Pages 161-171.

DAVID E.V., HARTER S.D.H., SEO I.B., STEINBUER M.J., GILLESPIE R., TRIANTIS K.A., FERNANDEZ-PALACIOS J-M., BEJERKUHNLEIN C., 2015. Impacts of global climate change on the floras of oceanic islands – Projections, implications and current knowledge, Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, Volume 17, Issue 2, Pages 160-183.

HASTIER T., TIBSHIRANI R., FRIEDMAN J. 2009. Boosting and Additive Trees. In: The Elements of Statistical Learning. Springer Series in Statistics. Springer, New York, NY.

HIJMANS, R.J. and GRAHAM C.H. 2006. The ability of climate envelope models to predict the effect of climate change on species distributions. Global Change Biology, 12: 2272-2281.

HIJMANS R.J, PHILLIPS S., LEATHWICK J. and ELITH J. 2011. Package 'dismo'. Available online at: http://cran.r-project.org/web/packages/dismo/index.html.

HIRZEL A.H., LE LAU G., HELFER V., RANDIN C., and GUISAN A. 2006. Evaluating the ability of habitat suitability models to predict species presences. Ecological Modeling 199:142-152.

HUTCHINSON G. E. 1957. "Concluding Remarks, Cold Spring Harbor Symposium." Quantitative Biology 22 : 415–27.

IFN. 2018. La forêt française – État des lieux et évolutions récentes – Panorama des résultats de l'inventaire forestier – Édition 2018, IGN, 56 pages.

IPBES. 2016. The Methodological Assessment Report on Scenarios and Models of Biodiversity and Ecosystem Services. Edited by S. Ferrier, K. N. Ninan, P. Leadley, R. Alkemade, L. A. Acosta, H. R. Akcakaya, L. Brotons, et al. Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity; Ecosystem Services, Bonn, Germany.

JUMAUX G., QUETELARD H. et ROY D., 2011. Atlas climatique de la réunion. Tech. rep., Météo-France/Direction Interrégionale pour l'Océan Indien.

KARGER D.N., CONRAD O., BOHNER J., KAWOHL T., KREFT H., SORIA-AUZZA R.W., Zimmermann, N.E., LINDER H.P. & KESSLER M. 2021. Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. EnviDat.

LEROUX, M.D, BONNARDOT, F., KOTOMANGAZAFY, S.F., SAID A. O. ABDOUL-OIKIL, VEERABADREN P. et al., 2023. Régionalisation du changement climatique et développement de services climatiques dans le sud-ouest de l'océan Indien et ses territoires insulaires. Rapport METEO FRANCE.

Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (MAA). 2020. Feuille de route pour l'adaptation des forêts au changement climatique. 28 p.

LEROY B., MEYNARD C.N., BELLARD C. and COURCHAMP F. 2016. virtualspecies, an R package to generate virtual species distributions. Ecography, 39: 599-607.

LOBO J.M., JIMENEZ-VALVERDE A. and REAL R. 2008. AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. Global Ecology and Biogeography, 17: 145-151.

LYRA A., IMBACH P., RODRIGUEZ D. et al. 2017. Projections of climate change impacts on central America tropical rainforest. Climatic Change 141, 93–105.

MÉDAIL, F., MONNET, AC., PAVON, D. 2019. What is a tree in the Mediterranean Basin hotspot? A critical analysis. For. Ecosyst. 6, 17 (). https://doi.org/10.1186/s40663-019-0170-6

RIVALS P. 1952 Etudes sur la végétation naturelle de l'Ile de La Réunion. Thèse. Toulouse. 214 p.

ONF, 2020. Etat des ressources génétiques forestières dans le monde. Rapport national de la France. Tome n°11: La Réunion. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Ministère de l'Agriculture de l'Alimentation. Office National des Forêts. Saint-Denis, La Réunion. 73 pages.

PHILLIPS, S. J., R. P. ANDERSON, AND R. E. SCHAPIRE. 2006. "Maximum Entropy Modeling of Species Geographic Distributions." Ecological Modelling 190: 231–59.

PHILLIPS, O.L., ARAGAO, L.E.O.C., LEWIS, S.L., FISHER, J.B., LLOYD, J., LOPEZ-GONZALEZ, G., MALHI, Y., MONTEAGUDO, A., PEACOCK, J., QUESADA, C.A., VAN DER HEIJDEN, G., ALMEIDA, S., AMARAL, I., ARROYO, L., AYMARD, G., BAKER, T.R., BANKI, O., BLANC, L., BONAL, D.,

BRANDO, P., CHAVE, J., DE OLIVEIRA, A.C.A., CARDOZO, N.D., CZIMCZIK, C.I., FELDPAUSCH, T.R., FREITAS, M.A., GLOOR, E., HIGUCHI, N., JIMENEZ, E., LLOYD, G., MEIR, P., MEN-DOZA, C., MOREL, A., NEILL, D.A., NEPSTAD, D., PATINO, S., PENUELA, M.C., PRIETO, A., RAMIREZ, F., SCHWARZ, M., SILVA, J., SILVEIRA, M., THOMAS, A.S., TER STEEGE, H., STROPP,J., VASQUEZ, R., ZELAZOWSKI, P., DAVILA, E.A., ANDELMAN, S., ANDRADE, A., CHAO, K.J., ERWIN, T., DI FIORE, A., HONORIO, E., KEELING, H., KILLEEN, T.J., LAURANCE, W.F., CRUZ, A.P., PITMAN, N.C.A., VARGAS, P.N., RAMIREZ-ANGULO, H., RUDAS, A., SALAMAO, R., SILVA, N., TERBORGH, J., TORRES-LEZAMA, A., 2009. Drought sensitivity of the Amazon rainforest. Science 323, 1344–1347. :

PONCE-REYES, R., REYNOSO-ROSALES, VH., WATSON, J. ET AL. 2012. Vulnerability of cloud forest reserves in Mexico to climate change. Nature Clim Change 2, 448–452. https://doi.org/10.1038/nclimate1453

POUTEAU, R., BIRNBAUM P. 2016. Island biodiversity hotspots are getting hotter: vulnerability of tree species to climate change in New Caledonia, Biological Conservation, Volume 201 , Pages 111-119, ISSN 0006-3207.

PRU FOSTER, 2001. The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests, Earth-Science Reviews, Volume 55, Issues 1–2, , Pages 73-106 :

R CORE TEAM. 2020. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. https://www.R-project.org/.

SCHMITT S, POUTEAU R, JUSTEAU D, DE BOISSIEU F, BIRNBAUM P. 2017. ssdm: An r package to predict distribution of species richness and composition based on stacked species distribution models. Methods Ecol Evol. 2017; 8: 1795–1803. https://doi.org/10.1111/2041-210X.12841

SHULI NIU, YIQI LUO, DEJUN LI, SHUANGHE CAO, JIANYANG XIA, JIANWEI LI, MELINDA D. SMITH, 2014 Plant growth and mortality under climatic extremes: An overview, Environmental and Experimental Botany, Volume 98, , Pages 13-19 :

SIRVENT, L. 2020. Les types biologiques : État de l'art, actualisation des définitions et mise en place d'un référentiel. Rapport technique.

STILL, C., FOSTER, P. & SCHNEIDER, S. 1999. Simulating the effects of climate change on tropical montane cloud forests. Nature 398, 608–610. https://doi.org/10.1038/19293

STRASBERG, D. 1994. Dynamique des forêts tropicales de l'île de La Réunion. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II. 178 p

STRASBERG, D., ROUGET, M., RICHARDSON, D.M. 2005. An Assessment of Habitat Diversity and Transformation on La Réunion Island (Mascarene Islands, Indian Ocean) as a Basis for Identifying Broad-scale Conservation Priorities. Biodivers Conserv 14, 3015–3032 (2005). https://doi.org/10.1007/s10531-004-0258-2

SWETS, J. A. 1988. Measuri ng the accuracy of diagnostic systems. Science. 240. 1285-1293

TASSIN J., LESUEUR D., RIVIÈRE J-N, HERVÉ C. 1997. Le dépérissement du Filao à la Réunion. Bois et Forêts des Tropiques, n°253 (3)

VALAVI, R., G. GUILLERA-ARROITA, J. J. LAHOZ-MONFORT, AND J. ELITH. 2022. Predictive performance of presence-only species distribution models: a benchmark study with reproducible code. Ecological Monographs 92(1):e01486. 10.1002/ecm.1486

VAN NIEUWSTADT, M.G.L., SHEIL, D., 2005. Drought, fire and tree survival in a Borneo rain forest, East Kalimantan, Indonesia. J. Ecol. 93, 191–201.

Annexe 1 : Liste des arbres de La Réunion

Nom scientifique complet	Famille	Nom commun	Statut d'endémicité	Statut menace UICN 2023
Acacia heterophylla Willd.	Fabaceae	Tamarin des hauts	Réunion	LC
Agarista salicifolia (Comm. ex Lam.) G. Don	Ericaceae	Bois de rempart	Indigène	LC
Allophylus borbonicus (J.F. Gmel.) F. Friedmann	Sapindaceae	Bois de merle	Réunion/Maurice/Rodrigues	LC
Antidesma madagascariense Lam.	Phyllanthaceae	Bois de cabri blanc	Indigène	LC
Antirhea borbonica J.F. Gmel.	*Rubiaceae*	Bois d'osto	Indigène	LC
Aphloia theiformis (Vahl) Benn.	*Aphloiaceae*	Change-écorce	Indigène	LC
Apodytes dimidiata E. Mey. ex Arn.	*Metteniusaceae*	Peau gris	Indigène	VU
Badula barthesia (Lam.) A. DC.	*Primulaceae*	Bois de savon tacheté	Réunion	LC
Badula fragilis Bosser et Coode	*Primulaceae*	Badule fragile	Réunion	EN
Badula nitida (Coode) Coode	*Primulaceae*	Bois de savon	Réunion	VU
Bremeria landia (Poir.) Razafim. et Alejandro	*Rubiaceae*	Lingue en arbre	Réunion/Maurice	LC
Calophyllum tacamahaca Willd.	*Calophyllaceae*	Takamaka	Réunion/Maurice	NT
Casearia coriacea Vent.	*Salicaceae*	Bois de cabri	Réunion/Maurice	LC
Ceodes lanceolata (Poir.) E.F.S. Rossetto et Caraballo	*Nyctaginaceae*	Bois mapou	Réunion/Maurice	CR
Claoxylon glandulosum Boivin ex Baill.	*Euphorbiaceae*	Gros Bois d'oiseaux	Réunion	LC
Claoxylon racemiflorum A. Juss. ex Baill.	*Euphorbiaceae*	Grand Bois cassant	Réunion	NT
Coptosperma borbonicum (Hend. et Andr.Hend.) De Block	*Rubiaceae*	Bois de pintade	Réunion/Maurice	EN
Cossinia pinnata Comm. ex Lam.	*Sapindaceae*	Bois de judas	Réunion/Maurice	LC
Croton mauritianus Lam.	*Euphorbiaceae*	Ti Bois de senteur	Réunion	CR
Diospyros borbonica I. Richardson	*Ebenaceae*	Bois noir des hauts	Réunion	EN
Dombeya blattiolens Frapp. ex Cordem.	*Malvaceae*	Mahot blanc	Réunion	VU
Dombeya ciliata Cordem.	*Malvaceae*	Mahot blanc	Réunion	LC
Dombeya delislei Arènes	*Malvaceae*	Mahot bleu	Réunion	EN
Dombeya elegans Cordem.	*Malvaceae*	Mahot rose	Réunion	LC
Dombeya ficulnea Baill.	*Malvaceae*	Mahot	Réunion	LC
Dombeya formosa Le Péchon et Pausé	*Malvaceae*	Mahot magnifique	Réunion	LC
Dombeya pilosa Cordem.	*Malvaceae*	Mahot blanc	Réunion	LC
Dombeya punctata Cav.	*Malvaceae*	Mahot	Réunion	LC
Dombeya reclinata Cordem.	*Malvaceae*	Mahot rouge	Réunion	LC
Dombeya umbellata Cav.	*Malvaceae*	Mahot noir	Réunion	EN
Doratoxylon apetalum (Poir.) Radlk.	*Sapindaceae*	Bois de gaulette	Indigène	LC
Dracaena reflexa Lam.	*Asparagaceae*	Bois de chandelle	Indigène	LC
Drypetes caustica (Frapp. ex Cordem.) Airy Shaw	*Putranjivaceae*	Bois de prune blanc	Réunion/Maurice	EN
Elaeodendron orientale Jacq.	*Celastraceae*	Bois rouge	Réunion/Maurice/Rodrigues	LC
Erica reunionensis E.G.H. Oliv.	*Ericaceae*	Branle vert	Réunion	LC
Erythroxylum hypericifolium Lam.	*Erythroxylaceae*	Bois d'huile	Réunion/Maurice	VU
Eugenia bosseri J. Guého et A.J. Scott	*Myrtaceae*	Bois de nèfles à grandes feuilles	Réunion	NT
Eugenia buxifolia Lam.	*Myrtaceae*	Bois de nèfles à petites feuilles	Réunion	LC
Eugenia mespiloides Lam.	*Myrtaceae*	Bois de nèfles à grandes feuilles	Réunion	VU
Fernelia buxifolia Lam.	*Rubiaceae*	Bois de balai	Réunion/Maurice/Rodrigues	EN
Fernelia pedunculata C.F. Gaertn.	*Rubiaceae*	Bois de buis	Réunion	DD
Ficus densifolia Miq.	*Moraceae*	Affouche	Réunion/Maurice	LC
Ficus lateriflora Vahl	*Moraceae*	Figuier blanc	Réunion/Maurice	LC
Ficus mauritiana Lam.	*Moraceae*	Figue marron	Réunion/Maurice	LC
Ficus reflexa Thunb.	*Moraceae*	Ti l'Affouche	Indigène	LC
Ficus rubra Vahl	*Moraceae*	Affouche rouge	Indigène	LC
Foetidia mauritiana Lam.	*Lecythidaceae*	Bois puant	Réunion/Maurice	CR
Geniostoma borbonicum (Lam.) Spreng.	*Loganiaceae*	Bois de piment	Réunion/Maurice	LC
Grangeria borbonica Lam.	*Chrysobalanaceae*	Bois de punaise	Réunion/Maurice	LC
Hancea integrifolia (Willd.) S.E.C. Sierra, Kulju et Welzen	*Euphorbiaceae*	Bois de perroquet	Réunion/Maurice	LC
Heritiera littoralis Aiton	*Malvaceae*	Héritière littorale	Indigène	CR
Hernandia mascarenensis (Meisn.) Kubitzki	*Hernandiaceae*	Bois blanc	Réunion/Maurice	CR
Hibiscus boryanus DC.	*Malvaceae*	Foulsapate marron	Réunion/Maurice	LC

Nom scientifique complet	Famille	Nom commun	Statut d'endémicité	Statut menace UICN 2023
Hibiscus columnaris Cav.	*Malvaceae*	Mahot rempart	Réunion/Maurice	CR
Homalium paniculatum (Lam.) Benth.	*Salicaceae*	Corce blanc	Réunion/Maurice	LC
Hypericum lanceolatum Lam.	*Hypericaceae*	Fleur jaune	Indigène	LC
Indigofera ammoxylum (DC.) Polhill	*Fabaceae*	Bois de sable	Réunion	CR
Labourdonnaisia calophylloides Bojer	*Sapotaceae*	Petit Natte	Réunion/Maurice	LC
Maillardia borbonica Duch.	*Moraceae*	Bois de maman	Réunion	LC
Melicope obtusifolia (DC.) T.G. Hartley	*Rutaceae*	Gros Patte poule	Réunion/Maurice	LC
Mimusops balata (Aubl.) C.F. Gaertn.	*Sapotaceae*	Grand Natte	Réunion/Maurice	LC
Molinaea alternifolia Willd.	*Sapindaceae*	Tan Georges	Réunion/Maurice	LC
Monimia amplexicaulis Lorence	*Monimiaceae*	Mapou des hauts	Réunion	LC
Monimia ovalifolia Thouars	*Monimiaceae*	Mapou à petites feuilles	Réunion/Maurice	LC
Monimia rotundifolia Thouars	*Monimiaceae*	Mapou à grandes feuilles	Réunion	LC
Morinda citrifolia L.	*Rubiaceae*	Malaye	Indigène	LC
Noronhia broomeana Horne ex Oliv.	*Oleaceae*	Bois de cœur bleu	Réunion/Maurice	LC
Nuxia verticillata Lam.	*Stilbaceae*	Bois maigre	Réunion/Maurice	LC
Obetia ficifolia (Poir.) Gaudich.	*Urticaceae*	Bois d'ortie	Réunion/Maurice/Rodrigues	EN
Ochrosia borbonica J.F. Gmel.	*Apocynaceae*	Bois jaune	Réunion/Maurice	VU
Ocotea obtusata (Nees) Kosterm.	*Lauraceae*	Cannelle marron	Réunion/Maurice	LC
Olax psittacorum (Lam.) Vahl	*Olacaceae*	Bois d'effort	Réunion/Maurice	VU
Olea europaea L.	*Oleaceae*	Olivier	Indigène	LC
Olea lancea Lam.	*Oleaceae*	Bois d'olive blanc	Indigène	LC
Pandanus montanus Bory	*Pandanaceae*	Pimpin	Réunion	LC
Pandanus purpurascens Thouars	*Pandanaceae*	Vacoa des hauts	Réunion	LC
Pandanus sylvestris Bory	*Pandanaceae*	Petit Vacoa	Réunion	LC
Pandanus utilis Bory	*Pandanaceae*	Vacoa	Indigène	LC
Pleurostylia pachyphloea Tul.	*Celastraceae*	Bois d'olive grosse peau	Réunion	LC
Polyscias aemiliguineae Bernardi	*Araliaceae*	Bois de papaye	Réunion	CR
Polyscias bernieri (Baill. ex Drake) R. Vig.	*Araliaceae*	Polyscias de Bernier	Réunion	NT
Polyscias borbonica Marais	*Araliaceae*	Polyscias de Bourbon	Réunion	EN
Polyscias coriacea Marais	*Araliaceae*	Polyscias coriace	Réunion	VU
Polyscias cutispongia (Lam.) Baker	*Araliaceae*	Bois d'éponge	Réunion	EN
Polyscias repanda (DC.) Baker	*Araliaceae*	Bois de banane	Réunion	LC
Polyscias rivalsii Bernardi	*Araliaceae*	Bois de papaye	Réunion	CR
Polyscias sessiliflora Marais	*Araliaceae*	Polyscias à fleurs sessiles	Réunion	EN
Poupartia borbonica J.F. Gmel.	*Anacardiaceae*	Bois blanc rouge	Réunion/Maurice	CR
Psiloxylon mauritianum (Bouton ex Hook. f.) Baill.	*Myrtaceae*	Bois de gouyave marron	Réunion/Maurice	LC
Ruizia cordata Cav.	*Malvaceae*	Bois de senteur blanc	Réunion	CR
Ruizia populnea (Cav.) Dorr	*Malvaceae*	Bois de senteur bleu	Réunion/Maurice	CR
Scolopia heterophylla (Lam.) Sleumer	*Salicaceae*	Bois de prune	Réunion/Maurice/Rodrigues	EN
Securinega durissima J.F. Gmel.	*Phyllanthaceae*	Bois dur	Indigène	LC
Sideroxylon borbonicum DC.	*Sapotaceae*	Bois de fer bâtard	Réunion	LC
Sideroxylon majus (C.F. Gaertn.) Baehni	*Sapotaceae*	Bois de fer	Réunion	EN
Sophora denudata Bory	*Fabaceae*	Petit Tamarin des hauts	Réunion	EN
Stillingia lineata (Lam.) Müll.Arg.	*Euphorbiaceae*	Tanguin pays	Indigène	CR
Syzygium borbonicum J. Guého et A.J. Scott	*Myrtaceae*	Bois de pomme blanc	Réunion	VU
Syzygium cordemoyi Bosser et Cadet	*Myrtaceae*	Bois de pomme	Réunion	LC
Syzygium cymosum (Lam.) DC.	*Myrtaceae*	Bois de pomme rouge	Réunion/Maurice	VU
Tabernaemontana persicariifolia Jacq.	*Apocynaceae*	Bois de lait	Réunion/Maurice	CR
Talipariti tiliaceum (L.) Fryxell	*Malvaceae*	Mova	Indigène	EN
Tambourissa crassa Lorence	*Monimiaceae*	Bois de bombarde	Réunion	NT
Tambourissa elliptica (Tul.) A. DC.	*Monimiaceae*	Bois de bombarde	Réunion	LC
Terminalia bentzoe (L.) L. f.	*Combretaceae*	Benjoin	Réunion/Maurice/Rodrigues	CR
Thespesia populneoides (Roxb.) Kostel.	*Malvaceae*	Porché	Indigène	CR
Tournefortia acuminata DC.	*Heliotropiaceae*	Bois de Laurent-Martin	Réunion	EN
Trochetia granulata Cordem.	*Malvaceae*	Trochétie granuleuse	Réunion	VU
Vepris lanceolata (Lam.) G. Don	*Rutaceae*	Patte poule	Indigène	EN
Weinmannia tinctoria Sm.	*Cunoniaceae*	Tan rouge	Réunion/Maurice	LC
Xylopia richardii Boivin ex Baill.	*Annonaceae*	Bois de banane	Réunion/Maurice	LC
Zanthoxylum heterophyllum (Lam.) Sm.	*Rutaceae*	Bois de poivre	Réunion/Maurice/Rodrigues	EN

Annexe 2 : Caractérisation des groupes écologiques de La Réunion

Cette annexe se trouve dans le fichier Excel joint à ce rapport « Annexe 2 - Caractérisation des groupes écologiques.xls », qui rassemble toutes les données utilsées pour caractériser les différents groupes écologiques.

Annexe 3 : Répartitions actuelles et futures des aires climatiques favorables pour les 10 groupes écologiques modélisés

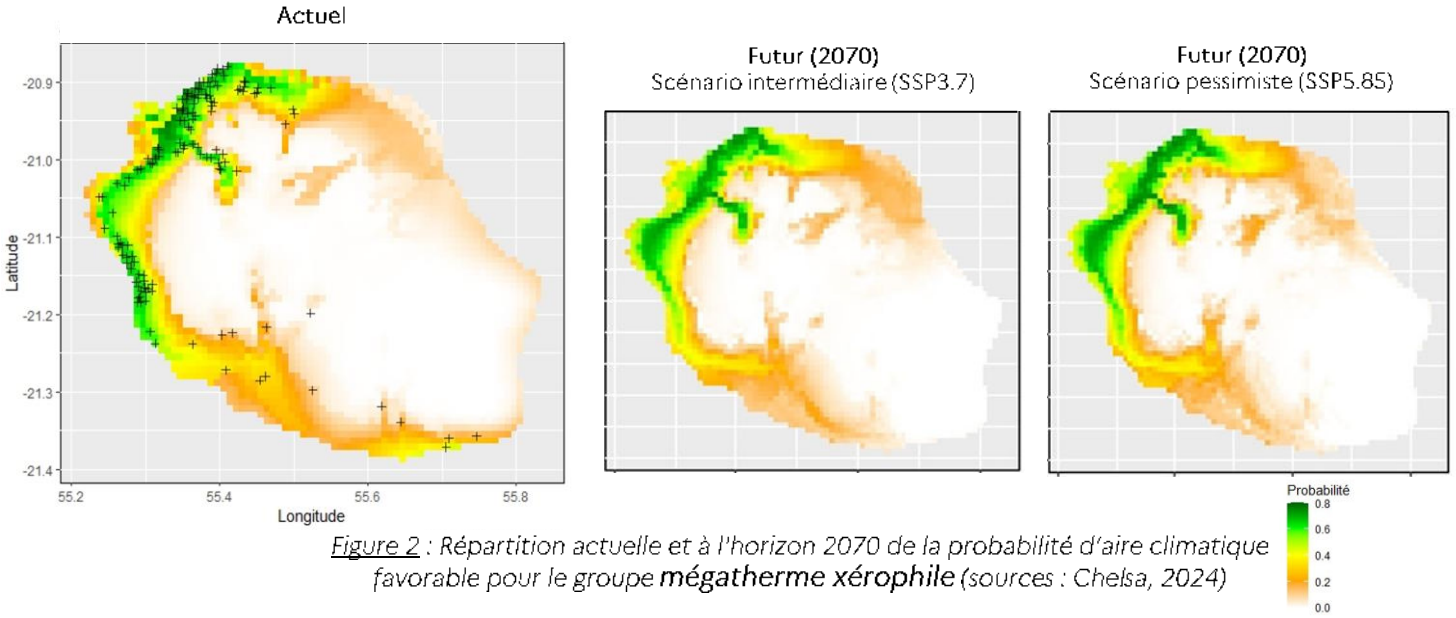


Figure 2 : Répartition actuelle et à l'horizon 2070 de la probabilité d'aire climatique favorable pour le groupe ***mégatherme xérophile*** *(sources : Chelsa, 2024)*

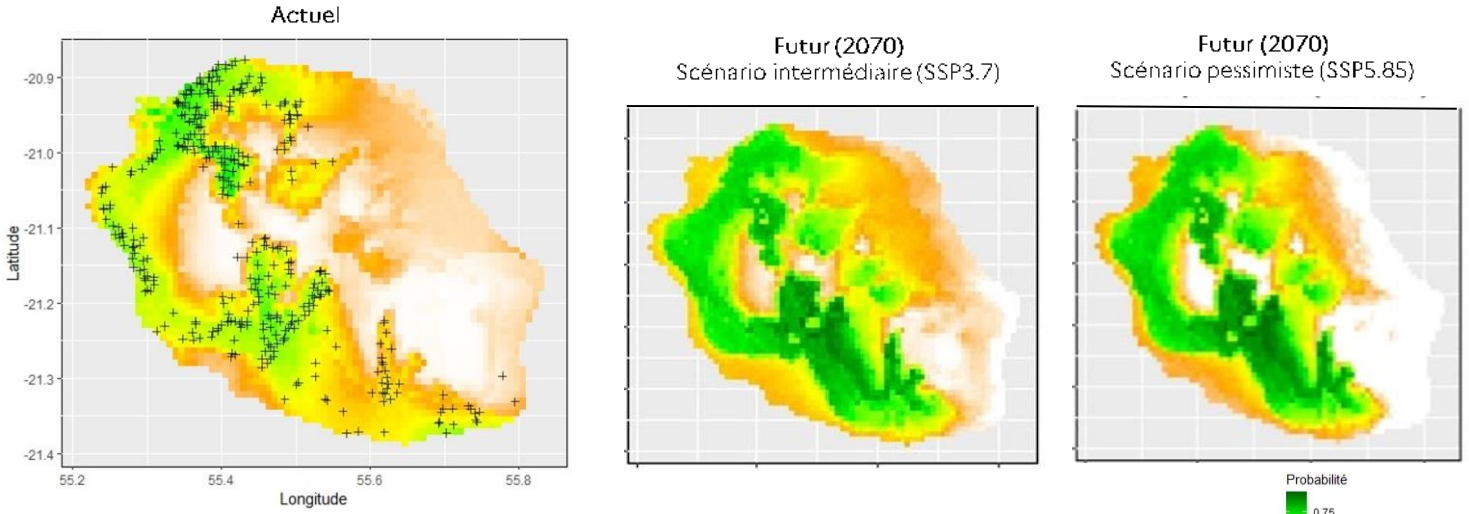


Figure 3 : Répartition actuelle et à l'horizon 2070 de la probabilité d'aire climatique favorable pour le groupe ***mégatherme xérophile et semi-xérophile*** *(sources : Chelsa, 2024)*

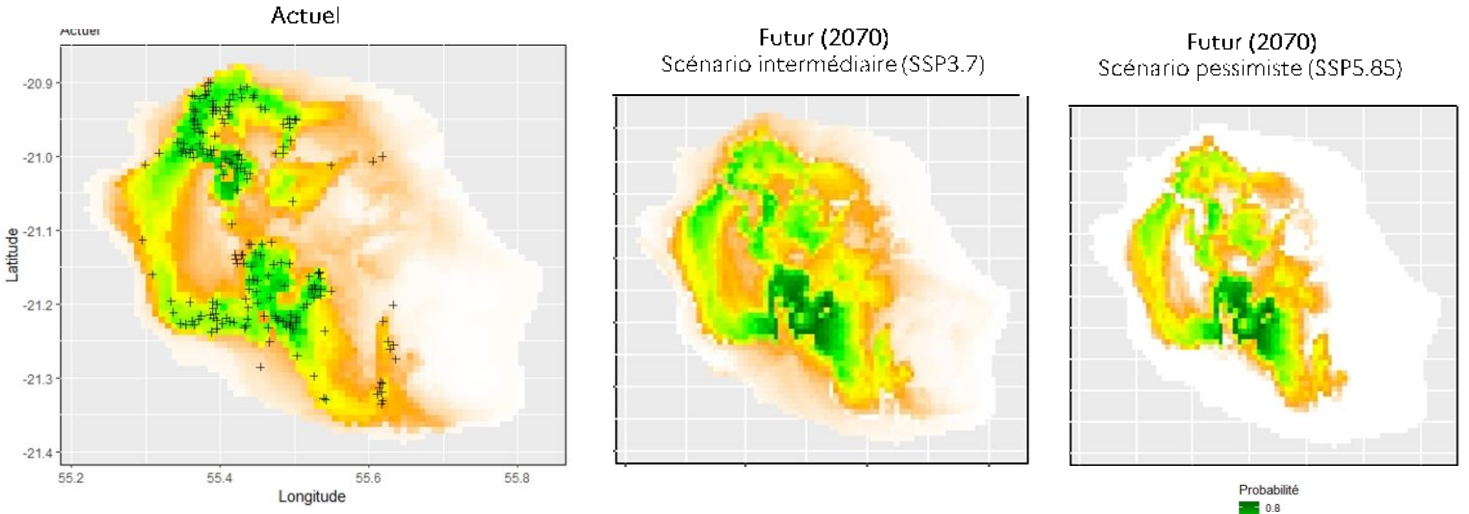


Figure 4 : Répartition actuelle et à l'horizon 2070 de la probabilité d'aire climatique favorable pour le groupe ***mégatherme semi-xérophile*** *(sources : Chelsa, 2024)*

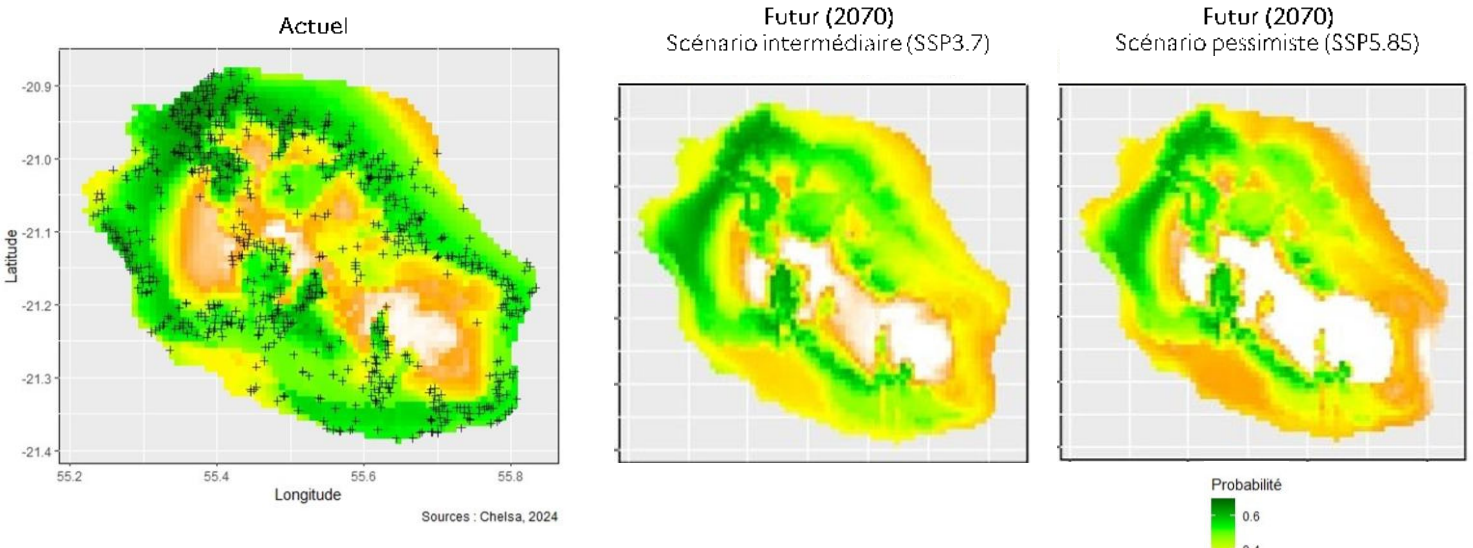


Figure 5 : Répartition actuelle et à l'horizon 2070 de la probabilité d'aire climatique favorable pour le groupe ***mégatherme indifférent*** *(sources : Chelsa,, 2024)*

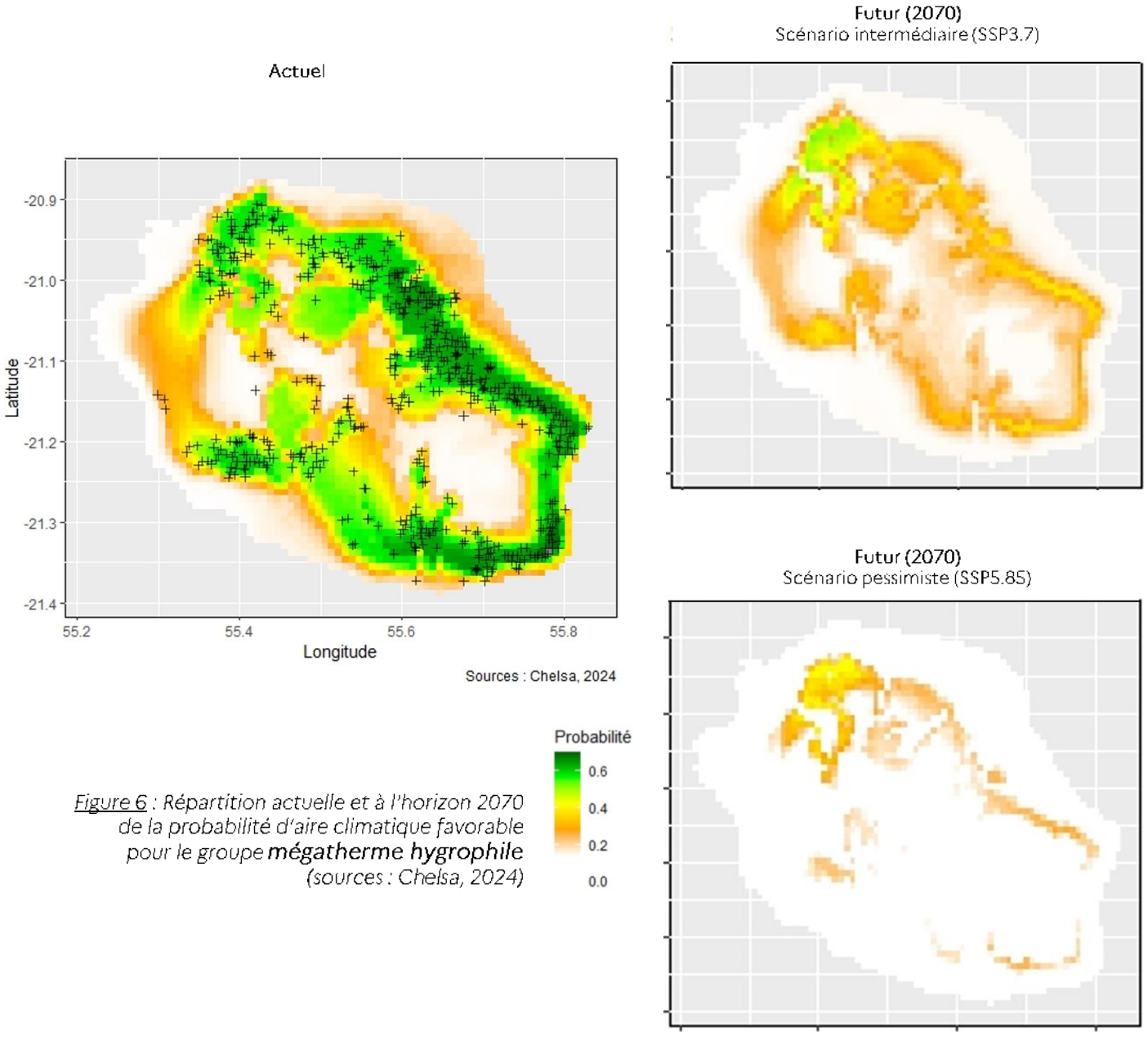


Figure 6 : Répartition actuelle et à l'horizon 2070 de la probabilité d'aire climatique favorable pour le groupe ***mégatherme hygrophile*** *(sources : Chelsa, 2024)*

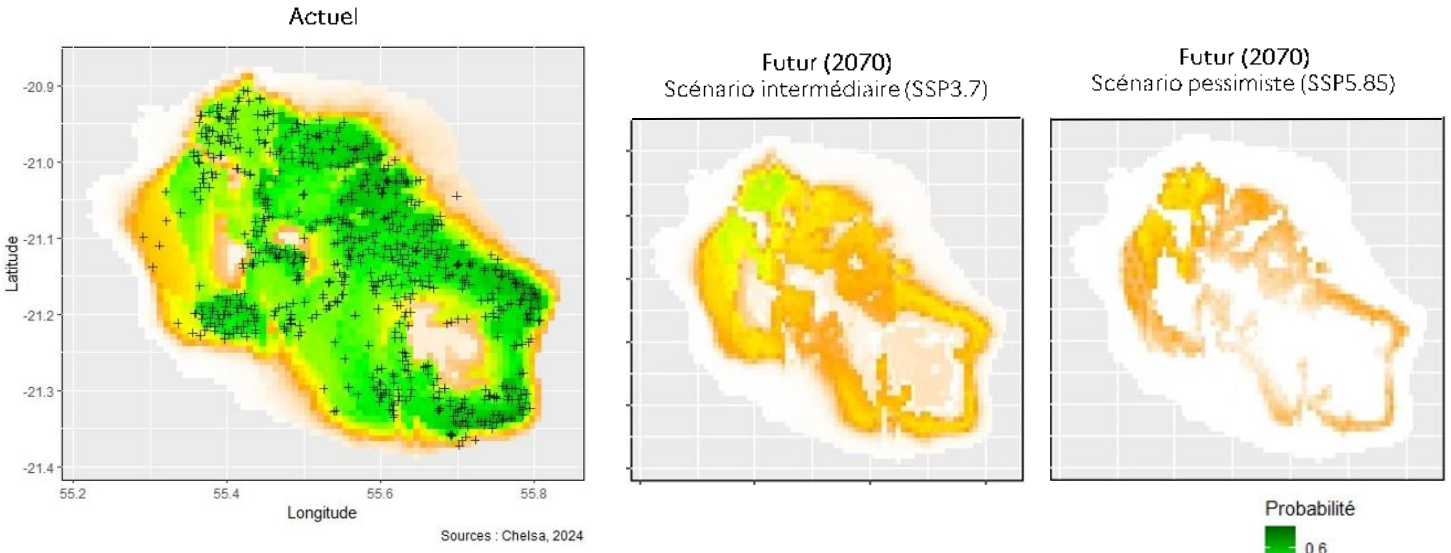


Figure 7 : Répartition actuelle et à l'horizon 2070 de la probabilité d'aire climatique favorable pour le groupe ***mégatherme hygrophile et mésotherme*** *(sources : Chelsa,, 2024)*

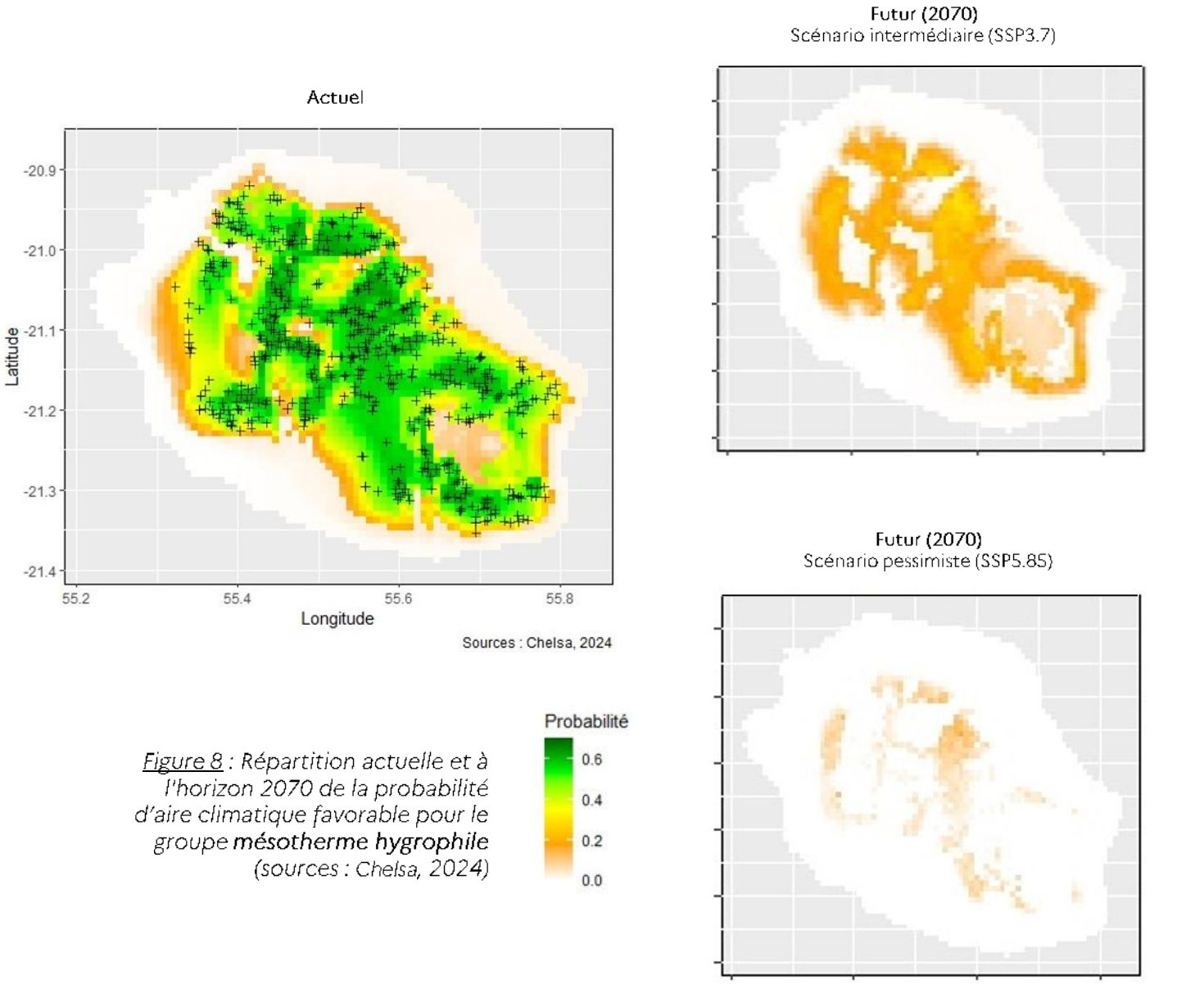


Figure 8 : Répartition actuelle et à l'horizon 2070 de la probabilité d'aire climatique favorable pour le groupe ***mésotherme hygrophile*** *(sources : Chelsa, 2024)*

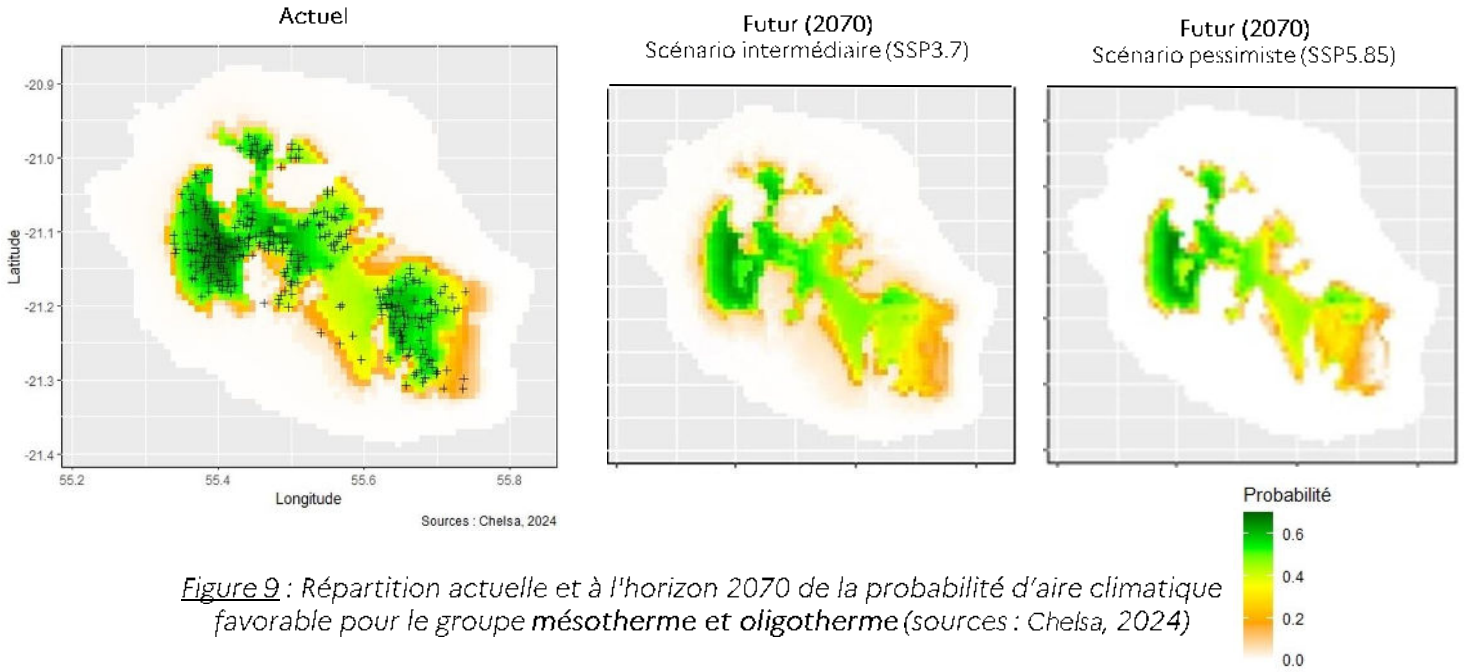


Figure 9 : Répartition actuelle et à l'horizon 2070 de la probabilité d'aire climatique favorable pour le groupe **mésotherme et oligotherme** *(sources : Chelsa, 2024)*

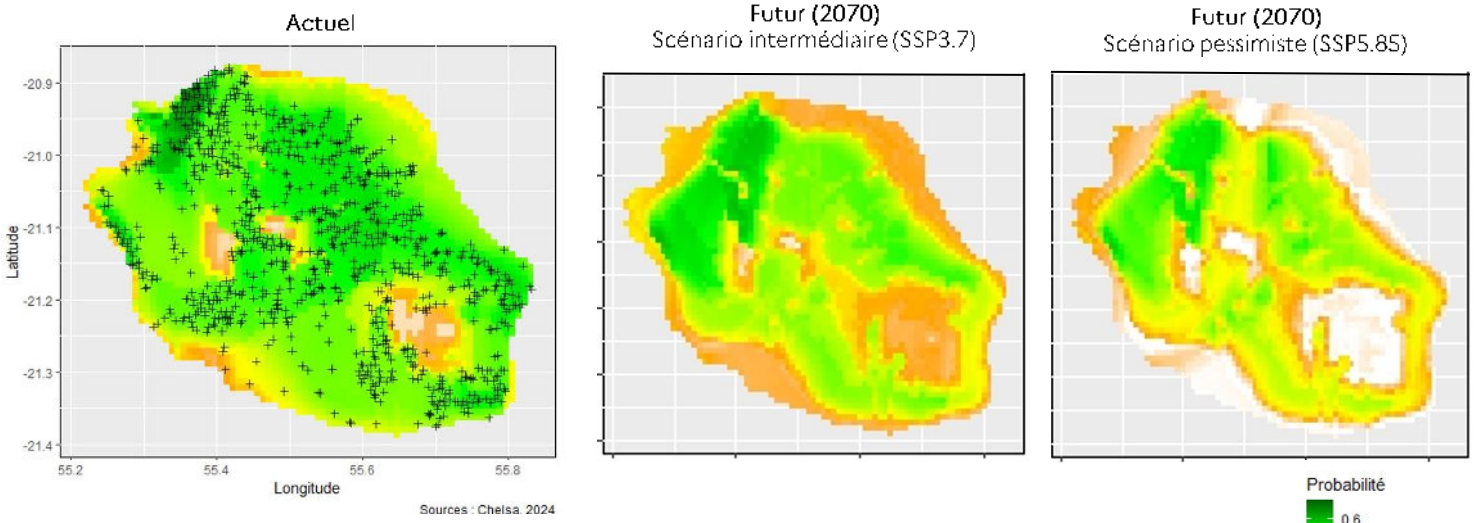


Figure 10 : Répartition actuelle et à l'horizon 2070 de la probabilité d'aire climatique favorable pour le groupe **ubiquiste de basse et moyenne altitude** *(sources : Chelsa, 2024)*

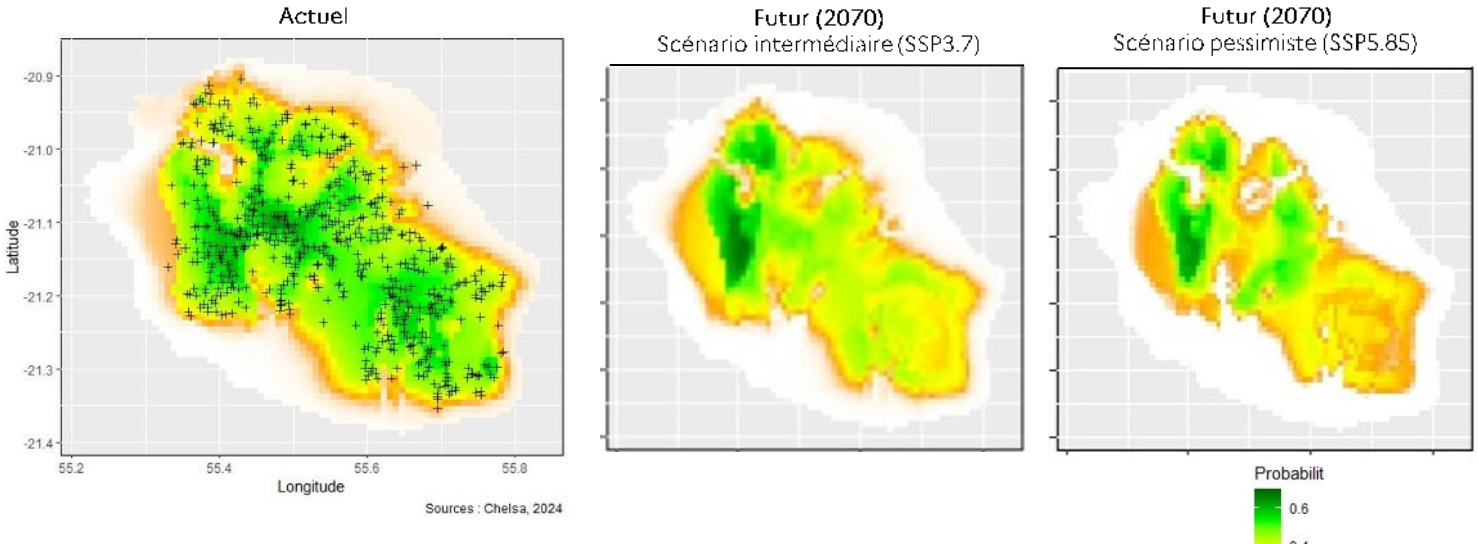
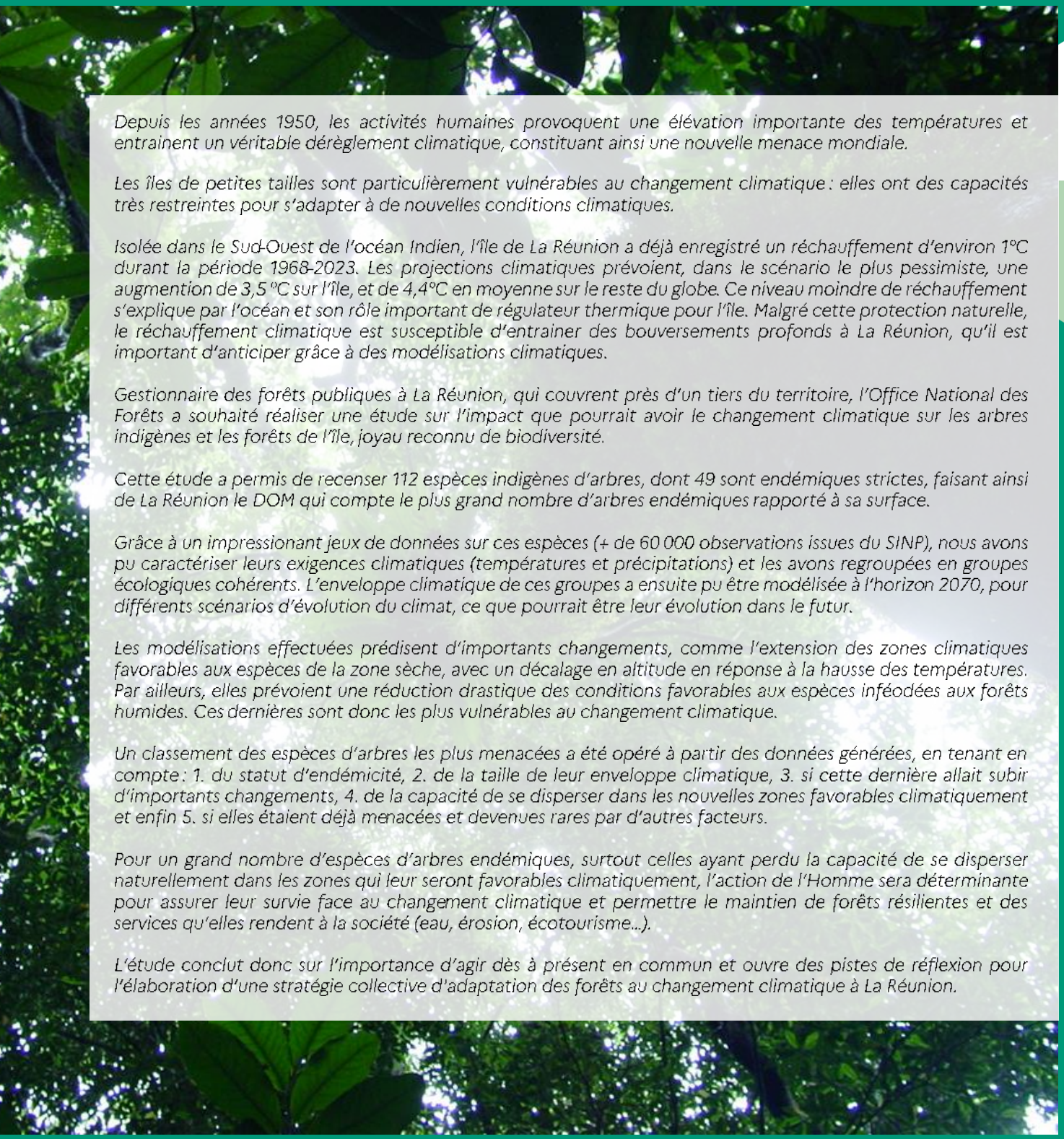


Figure 11 : Répartition actuelle et à l'horizon 2070 de la probabilité d'aire climatique favorable pour le groupe **ubiquiste de moyenne et haute altitude** *(sources : Chelsa, 2024)*



Depuis les années 1950, les activités humaines provoquent une élévation importante des températures et entrainent un véritable dérèglement climatique, constituant ainsi une nouvelle menace mondiale.

Les îles de petites tailles sont particulièrement vulnérables au changement climatique : elles ont des capacités très restreintes pour s'adapter à de nouvelles conditions climatiques.

Isolée dans le Sud-Ouest de l'océan Indien, l'île de La Réunion a déjà enregistré un réchauffement d'environ 1°C durant la période 1968-2023. Les projections climatiques prévoient, dans le scénario le plus pessimiste, une augmention de 3,5 °C sur l'île, et de 4,4°C en moyenne sur le reste du globe. Ce niveau moindre de réchauffement s'explique par l'océan et son rôle important de régulateur thermique pour l'île. Malgré cette protection naturelle, le réchauffement climatique est susceptible d'entrainer des bouversements profonds à La Réunion, qu'il est important d'anticiper grâce à des modélisations climatiques.

Gestionnaire des forêts publiques à La Réunion, qui couvrent près d'un tiers du territoire, l'Office National des Forêts a souhaité réaliser une étude sur l'impact que pourrait avoir le changement climatique sur les arbres indigènes et les forêts de l'île, joyau reconnu de biodiversité.

Cette étude a permis de recenser 112 espèces indigènes d'arbres, dont 49 sont endémiques strictes, faisant ainsi de La Réunion le DOM qui compte le plus grand nombre d'arbres endémiques rapporté à sa surface.

Grâce à un impressionant jeux de données sur ces espèces (+ de 60 000 observations issues du SINP), nous avons pu caractériser leurs exigences climatiques (températures et précipitations) et les avons regroupées en groupes écologiques cohérents. L'enveloppe climatique de ces groupes a ensuite pu être modélisée à l'horizon 2070, pour différents scénarios d'évolution du climat, ce que pourrait être leur évolution dans le futur.

Les modélisations effectuées prédisent d'importants changements, comme l'extension des zones climatiques favorables aux espèces de la zone sèche, avec un décalage en altitude en réponse à la hausse des températures. Par ailleurs, elles prévoient une réduction drastique des conditions favorables aux espèces inféodées aux forêts humides. Ces dernières sont donc les plus vulnérables au changement climatique.

Un classement des espèces d'arbres les plus menacées a été opéré à partir des données générées, en tenant en compte : 1. du statut d'endémicité, 2. de la taille de leur enveloppe climatique, 3. si cette dernière allait subir d'importants changements, 4. de la capacité de se disperser dans les nouvelles zones favorables climatiquement et enfin 5. si elles étaient déjà menacées et devenues rares par d'autres facteurs.

Pour un grand nombre d'espèces d'arbres endémiques, surtout celles ayant perdu la capacité de se disperser naturellement dans les zones qui leur seront favorables climatiquement, l'action de l'Homme sera déterminante pour assurer leur survie face au changement climatique et permettre le maintien de forêts résilientes et des services qu'elles rendent à la société (eau, érosion, écotourisme...).

L'étude conclut donc sur l'importance d'agir dès à présent en commun et ouvre des pistes de réflexion pour l'élaboration d'une stratégie collective d'adaptation des forêts au changement climatique à La Réunion.

Office National des Forêts

Service Forêt & Milieux Naturels – Pôle écologie
Direction Régionale de l'ONF Réunion
Boulevard de la Providence CS 71072,
97404 Saint-Denis Cedex